APPENDICE

QUESITI ESAME DI STATO

SESSIONE 2002 - 2003

Quesito A

Un aeromobile dirige da Alghero (lat. 40°38' N; long, 008° 18' E) verso il punto B (lat. 42°00' N; long. 012°30' E) mantenendo rotta e CAS costanti (CAS = 150 kt; FL170; SAT = ISA + 8.7°C). Dopo 36 minuti di volo il pilota determina la propria posizione attraverso la stazione VOR-DME di Tarquinia (lat. 42° 12' N; long. 11°44' E) trovandosi sulla radiale 033 TO a una distanza di 55 NM.
Nell'ipotesi in cui le misure effettuate siano prive di errori, il candidato determini gli elementi del vento medio che ha agito durante il volo (VAR = 1° W).

1) Calcolo della rotta pianificata da Alghero al punto B:

Utilizziamo la formula del 2° problema della Lossodromia:

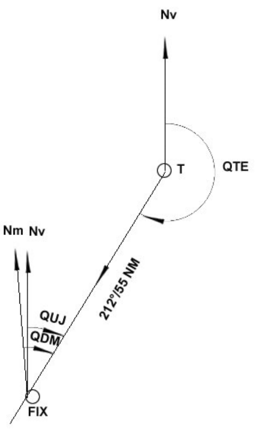
$$\tan TC = (\Delta\lambda'/\Delta\varphi') \cos \varphi_m$$

ove:

$$\begin{array}{rll} \lambda_B & = 012°30'E & + \\ -\lambda_A & = 008°18'E & + -(-) \\ \hline \Delta\lambda & = 004°12'E & = 252' \end{array}$$

$$\begin{array}{rll} \varphi_B & = 42°00'N & + \\ -\varphi_A & = 40°38'N & + -(-) \\ \hline \Delta\varphi & = 01°22'N & = 82' \end{array}$$

$$\begin{array}{rll} \varphi_A & = 40°38'N & \\ +\Delta\varphi/2 & = 00°41'N & \\ \hline \varphi_M & = 41°19'N & = 41{,}316° \end{array}$$



sostituendo si ha:
$\tan TC = (\Delta\lambda'/\Delta\varphi') \cos \varphi_m = 252/82 \cos 41{,}316 = 2{,}308$
$TC = \tan^{-1}(2{,}308) = 66{,}57° = N\ 67°\ E$

2) Calcolo delle coordinate del Fix:

A) Trasformiamo il rilevamento magnetico (radiale VOR) in un rilevamento rispetto al Nord Vero (Fig. 1):
radiale 033 TO = QDM 033
da cui:
QUJ = QDM + (± VAR) = 033° + (-1°) = 032°
QTE = QUJ ± 180° = 032° + 180° = 212°

B) Applichiamo le formule del 2° problema della Lossodromia:

- Per il calcolo della latitudine, useremo la formula:

$\Delta\varphi' = D \cos TC$

ove, essendo:

D = 55 NM

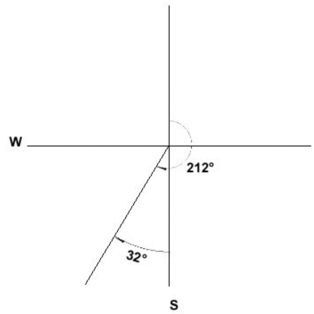
TC = QTE = 212° = S (212° -180°) W=

= S 32° W (rotta quadratale) (Fig. 2)

si ha:

$\Delta\varphi' = 55 \cos 32 = 46{,}64' \text{ S} = 46°38' \text{ S}$

Quindi la latitudine sarà data da:



$$\begin{array}{rl} \varphi_T = 42°12'00''\text{N} & + \\ + \Delta\varphi = 46°38'00''\text{S} & - +(-) \\ \hline \varphi_{FIX} = 41°25'22''\text{N} & \end{array}$$

- Per il calcolo della longitudine useremo la formula:

$$\Delta\lambda' = \frac{D \operatorname{sen} TC}{\cos\varphi_m}$$

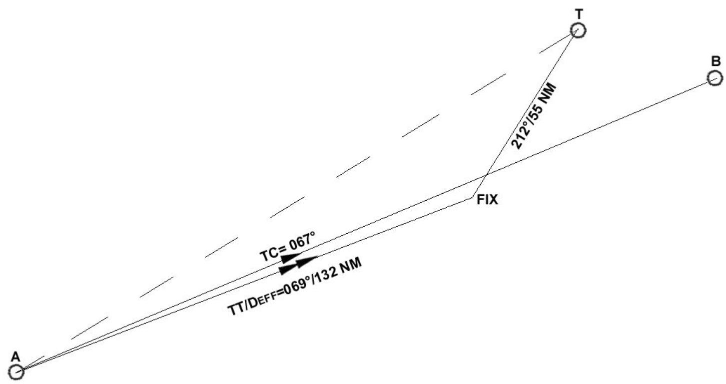
sostituendo avremo:

$$\Delta\lambda' = \frac{55 \operatorname{sen} 32}{\cos 41{,}81} = 39{,}1' \text{ W}$$

e quindi la longitudine del Fix sarà data da:

$$\begin{array}{rl} \lambda_T = 11°44'00''\ \text{E} & + \\ + \Delta\lambda = 00°39'06''\text{W} & - +(-) \\ \hline \lambda_{FIX} = 11°04'54''\ \text{E} & \end{array}$$

3) Calcoliamo la rotta e la distanza effettivamente percorsa tra Alghero ed il Fix (Fig. 3):



Applichiamo di nuovo il 2° problema della Lossodromia:

- Calcolo della rotta:

$$\begin{array}{rl} \lambda_{FIX} = 11°04'54''E & + \\ -\lambda_{A} = 08°18'00''E & +-(-) \\ \hline \Delta\lambda = 02°46'54''E & = 166{,}78' \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} \varphi_{FIX} = 41°25'22''N & + \\ +\varphi_{A} = 40°38'00''N & +-(-) \\ \hline \Delta\varphi = 00°47'22''N & = 47{,}36' \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} \varphi_{A} = 40°38'\quad N & \\ +\Delta\varphi/2 = 00°23{,}68'N & \\ \hline X_{m} = 40°61{,}68'N & = 41°1{,}7'N = 41° \end{array}$$

sostituendo si ha:
tan TC =$(\Delta\lambda'/\Delta\varphi')$ cos φ_m =166,78/47,36 cos 41 = 2,65
TC = $\tan^{-1}(2{,}65)$ = 69,32° = N 69° E

- Calcolo della distanza:

D = $\Delta\varphi'$ / cos TC = 47,36 / cos 69 = 132 NM

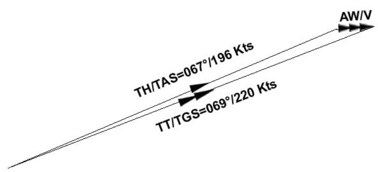
4) Calcolo della Velocità reale al suolo:

Avendo percorso la distanza di 132 NM in 36 min la velocità al suolo sarà:
TGS = D_{EFF}/ FT = 132/(36/60) = 220 Kts

5) Calcolo della TAS:

ISA = - (2/1000) PA + 16 = = - (2/1000) 17.000 + 16 = - 18°C
(abbiamo posto + 16 in quanto la PA>15.000 ft)
SAT = ISA + 8,7°C = - 18 + 8,7 = - 9,3°C
dal regolo Jeppesen riscontriamo per la TAS il valore:
TAS = 196 Kts

6) Calcolo del vento reale in zona;
Poiché il velivolo ha mantenuto una prua coincidente con la rotta da seguire, i dati del triangolo del vento saranno (Fig. 4):
TH/TAS = 067° / 196 Kts
TT / TGS = 069° / 220 Kts



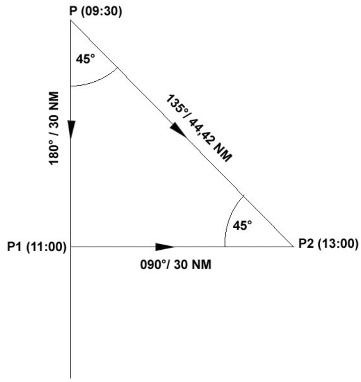
Si tratta quindi di risolvere il 3° problema del vento:
WCA = -d = - (TT – TH) = - (69 – 67)= - 2°
Xc = TAS sen WCA = 196 sen (-2) = - 6,8 Kts
ETAS ≡ TAS = 196 Kts
Lc = TGS – ETAS = 220 – 196 = 24 Kts
Ottenute le componenti Xc ed Lc del vento, ricaviamo dal regolo, per una TC=069° un vento pari ha:
AW/V = 265°/25 Kts

Quesito B

Da una portaerei in navigazione con rotta 180° e velocità 20 kt, a UT 09:30 decolla un elicottero per una missione di ricognizione mantenendo rotta e velocità costanti (TC 080° e GS80).
Alle 11:00 la portaerei prosegue la sua navigazione con rotta 090° e velocità 15kt. Sapendo che l'elicottero dovrà rientrare sulla portaerei a fine autonomia, che è di 3,5 ore, il candidato determini la rotta e il percorso di rientro dell'elicottero.

1) Calcolo posizione della portaerei al termine dell'autonomia dell'elicottero (Fig.1):

A) <u>Calcolo tratto percorso sulla rotta 180°</u>:



Il tempo di navigazione su tale rotta è di:

$$\begin{array}{rl} T_1 = & 11:00 \\ -\,T_0 = & 09:30 \\ \hline \Delta T_1 = & 01:30 = 1{,}5^h \end{array}$$

quindi la Distanza percorsa sarà:

$PP_1 = D_1 = Vp \times \Delta T_1 = 20 \times 1{,}5 = 30$ NM

B) <u>Calcolo tratto percorso sulla rotta 090°</u>:

Poiché il tempo rimasto fino a fine autonomia è:

$$\begin{array}{rl} T = & 3{,}5^h \\ -\,\Delta T_1 = & 1{,}5^h \\ \hline \Delta T_2 = & 2{,}0^h \end{array}$$

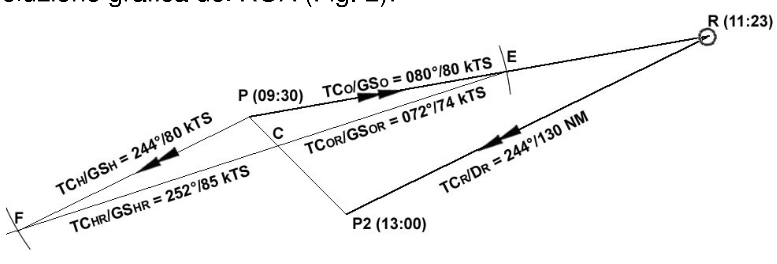
La distanza percorsa alla nuova velocità sarà:

$P_1P_2 = D_2 = 15 \times 2 = 30$ NM

C) <u>Calcolo rotta e velocità della portaerei fittizia</u>:

Poiché si può immaginare che la portaerei navighi direttamente dal punto P al Punto P_2 in 3,5 h, si può porre:
$V_{PF} = PP_2 / 3{,}5$ = velocità portaerei fittizia
ove, il tratto PP_2 si ricaverà dal triangolo rettangolo isoscele PP_1P_2:
$PP_2 = 2\,(PP_1 \cos 45) = 2\,(30 \cos 45) = 44{,}42$ NM
Quindi: $V_{PF} = 44{,}42/3{,}5 = 12{,}12$ Kts

2) Risoluzione grafica del ROA (Fig. 2):



- Riportiamo, nella posizione P di partenza della portaerei

il vettore velocità della nave fittizia:

$\overrightarrow{PC} = R_{NF}/V_{NF} = 135°/12,12$ Kts

e il vettore velocità di allontanamento dell'elicottero:

$\overrightarrow{PE} = TC_0/GS_0 = 080°/80$ Kts

- dal punto E, apice del vettore velocità dell'elicottero, tracciamo una semiretta passante per il punto C, apice del vettore R_{NF}/V_{NF};
- dal punto P, con apertura di compasso pari alla GS_H (in assenza di vento $TAS = GS_0 = GS_H$), intersechiamo in F, il prolungamento della semiretta EC;

abbiamo così ottenuto il vettore velocità di rientro dell'elicottero

$\overrightarrow{PF} = TC_H / GS_H = 244°/80$ Kts;

- sulla semiretta della rotta della portaerei, riportiamo il punto P_2 in cui la stessa si troverà al termine dell'autonomia dell'aeromobile:

$PP_2 = 44,42$ NM

- tracciamo da P_2 una parallela alla TC_H fino ad intersecare in R, la TC_O, ed otteniamo il punto R che rappresenta il punto di non ritorno, cioè il punto in cui l'elicottero deve rientrare verso la portaerei per poterci arrivare entro la fine della propria autonomia di volo.

Quindi il segmento rappresentativo del ROA sarà:

PR = ROA = 150 NM;

- il vettore $\overrightarrow{RP_2}$ rappresenta la Rotta/Distanza di rientro:

$TC_R/ D_R = 244°/130$ NM.

3) Risoluzione analitica del ROA:

A) Calcolo della Rotta (TC_{OR}) e della Velocità (GS_{OR}) relativa di allontanamento

Poiché si immagina che l'elicottero si allontani dalla portaerei con una:

THo = 080° ed una TAS = 80 Kts

contrastando un vento pari a:

$W/R = R_{PF}/V_{PF} = 135°/12,12$ Kts

dovremo calcolare i valori della Rotta (TC_{OR}) che segue e della Velocità al suolo che mantiene (GS_{OR}):

THo/ TAS = 080°/ 80 Kts

W/V= 135°/12,12 Kts

Prima iterazione:

$Xc_1 = -V\ sen(THo-W) = -12,12\ sen(080- 135) = -12,12\ sen(-55) = 9,9$ Kts

$Sen\ WCA_1 = Xc_1 /TAS = 9,9/80 = 0,123$

$WCA_1 = sen^{-1}(0,123) = 7°$

$TCp_1 = THo -(\pm\ WCA_1) = 080 -(7) = 073°$

Seconda iterazione:

$Xc_2 = -V\ sen(TCp_1-W) = -12,12\ sen(73-135) = -12,12\ sen(-62) = 10,7$ Kts

$Sen\ WCA_2 = Xc_2 /TAS = 10,7/80 = 0,133$

WCA_2= $sen^{-1}(0,133)=7,7° \approx 8°$
TCp_2 = THo –(± WCA_2) = 080 –(8)= 072°

Terza iterazione:
Xc_3=-V sen(TCp_2-W) =-12,12 sen(72-135)=-12,12 sen(-63) = 10,79 Kts
Poichè il valore di $Xc_3 \approx Xc_2$ sarà anche $WCA_3 \approx WCA_2$, si può pertanto porre:

$TCp_2 = TC_{OR}$=072°

di conseguenza sarà:
Lc= -12,12 cos (-62) = - 5,69 Kts
ETAS = TAS cos WCA = 80 cos 8 = 79,2 Kts
GS_{OR}= ETAS + (± Lc) = 79,2 +(-5,7) = 73,5 Kts

B) *Calcolo della Rotta (TC_{HR}) e della Velocità (GS_{HR}) relativa di rientro:*

$TC_{HR} = TC_{OR}$ ±180° = 072 + 180 = 252°
$TH_{HR} = TC_{HR}$ – (±WCA) = 252 – 8 = 244°
GS_{HR} = ETAS – (± Lc) = 79,2 – (-5,7) = 84,9 Kts

C) *Calcolo della Rotta (TC_H) e della Velocità (GS_H) di rientro sulla portaerei:*

Poichè siamo in assenza di vento la TH_{HR}, che corrisponde alla TH_H, corrisponderà anche alla TC_H, cioè:

$TC_H = TH_{HR}$= 244°

D) *Calcolo del raggio d'azione in tempo:*

ROA_T =T (GS_{HR})/(GS_{HR}+GS_{OR})=3,5(84,9)/(84,9 + 73,5)=1,876 h = 1h 53 min

E) *Calcolo del raggio d'azione in distanza:*

ROAD = GSo× ROA_T = 80 × 1,876 = 150 NM

B) *Calcolo distanza di rientro:*

$D_R = GS_H$×(T – ROA_T) = 80× (3,5 – 1,876) = 130 NM

C) *Calcolo tempo di rientro:*

$FT_R = D_R / GS_H$ = 130/80 = 1,625 h = 1 h 37 min

D) *Calcolo tempo totale di volo:*

$FT_T = ROA_T + FT_R$ = 1h 53 + 1h 37 = 3 h 30 min

Quesito C

Il candidato disegni una carta di Lambert isogona tangente relativa al parallelo standard 72° N con scala, su detto parallelo, 1:20 milioni avente come meridiano centrale quello di Greenwich.
Rappresenti ancora i paralleli 70° N e 75° N e i meridiani 30° W, 15 °W, 15° E e 30° E.

Sovrapponga, inoltre, alla carta un reticolo il cui asse centrale coincida con il meridiano di Greenwich e i cui pseudo-meridiani siano intervallati di 200 NM.

1) Calcolo costante di convergenza:

La costante K di convergenza rappresenta il rapporto tra gli angoli che i meridiani fanno sulla carta e quelli che fanno i corrispondenti angoli sulla sfera:
$K = \Delta\omega/\Delta\lambda = \text{sen}\ \varphi_0$
ove: φ_0 = parallelo standard o di tangenza
Quindi avremo: $K = \text{sen}\ 72 = 0{,}951$

2) Calcolo raggio della sfera rappresentativa:

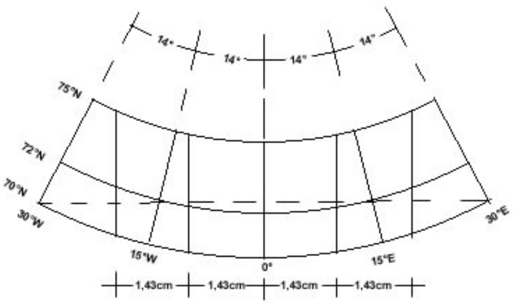
Poiché il coefficiente di dilatazione lineare della carta lungo il parallelo fondamentale φ_0 è:
$\eta = 1$
la scala della carta, lungo tale parallelo sarà:

$$\sigma = \frac{1}{R/r} = \frac{1}{637\times10^6/r} = \frac{1}{20.000.000} = \frac{1}{20\times10^6}$$

estrapolando r avremo:

$$r = \frac{637\times10^6}{20\times10^6} = 31{,}85 \text{ cm}$$

3) Esecuzione della carta (Fig. 1):



A) *Calcolo angolo tra i meridiani esterni della carta*:

Dovendo interessare una zona compresa tra $\lambda_1 = 30°$ E e $\lambda_2 = 30°$ W, la semiaperura del cono, essendo:
$\Delta\lambda_{12} = 60°$
sarà:

$$\omega = K\ \Delta\lambda = 0{,}951 \times 60 = 57° = \pm 28{,}5°$$

B) *Calcolo angolo di spaziatura tra i meridiani*:

Tracceremo i meridiani intervallati di 15° di longitudine, quindi dovremo disegnare:
60/15 = 4 meridiani, 2 a destra e 2 a sinistra del meridiano di riferimento ($\lambda_o = 0$)

intervallati di:

$d\omega = 57/4 = 14{,}26°$

C) Calcolo raggi dei paralleli:

Poiché il parallelo standard della carta di Lambert è $\varphi_0 = 72°$ N e la costante di convergenza trovata era K = 0,951, sarà:

- Calcolo del raggio equatoriale:

$$\rho_e = \frac{\cos\varphi_0}{K[\tan(45-\varphi_0/2)]^K} =$$

$$= \frac{\cos 72}{0{,}951[\tan(45-72/2)]^{0{,}951}} = 1{,}874 \text{ rad} = 1{,}874 \times r \text{ cm} = 1{,}874 \times 31{,}85 \text{ cm} = 59{,}7 \text{ cm}$$

- Calcolo raggio di curvatura dei paralleli:

Il raggio di curvatura dei paralleli si ricava da quello equatoriale ρ_e tramite la formula:

$\rho = \rho_e[\tan(45 - \varphi/2)]^K$

dovendo interessare un intervallo di latitudine tra il parallelo 70°N ed il parallelo 75°N, e, volendo intervallarli di 5°, avremo:

$\rho_{70} = 59{,}7[\tan(45 - 70/2)]^{0{,}951} = 11{,}46$ cm

$\rho_{72} = 59{,}7[\tan(45 - 72/2)]^{0{,}951} = 10{,}35$ cm (parallelo standard)

$\rho_{75} = 59{,}7[\tan(45 - 75/2)]^{0{,}951} = 8{,}68$ cm

D) Tracciamento dei pseudo-meridiani:

Per poter distanziare i pseudo-meridiani di 200 NM, teniamo presente che la linea tratteggiata che unisce gli estremi inferiori della carta si può considerare, con buona approssimazione una ortodromia e, quindi, possiamo calcolarne la distanza d_0:

$\cos do = \text{sen}\,\varphi\ \text{sen}\,\varphi' + \cos\varphi \cos\varphi' \cos\Delta\lambda$

ove: $\varphi = \varphi' = 79°N$

$\Delta\lambda = 60°$

Sostituendo, avremo:

$\cos do = \text{sen}\,\varphi^2 + \cos\varphi^2 \cos\Delta\lambda = \text{sen}\,70^2 + \cos 70^2 \cos 60 = 0{,}941 \rightarrow$

$do = 19{,}69° = 1181{,}7$ NM

poichè questa distanza corrisponde sulla carta a 8,5 cm, ne consegue che:

$$\frac{8{,}5\,\text{cm}}{1181{,}7\,\text{NM}} = \frac{X\ \text{cm}}{200\,\text{NM}}$$

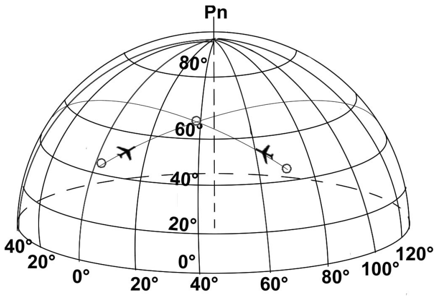
da cui:

$$X = \frac{200}{1181{,}7} \times 8{,}5 = 1{,}43 \text{ cm}$$

Quindi distanzieremo i pseudo-meridiani di 1,43 cm a destra e a sinistra del meridiano di riferimento ($\lambda o = 0$).

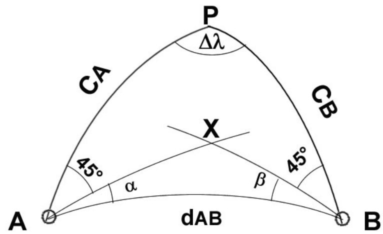
Quesito D

Un aeromobile parte da A (lat. 45° N- long. 008° E) e segue l'ortodromia definita dalla rotta iniziale TC = 045 °.
Un secondo aeromobile parte da B (lat. 45° N- long. 068°E) e segue l'ortodromia definita dalla rotta iniziale TC = 315°. Il candidato calcoli le coordinate del punto di intersezione tra le due ortodromie.



1) Al fine di trovare gli elementi del triangolo sferico AXB, calcoliamo la distanza e la rotta ortodromica AB

A) <u>Calcolo della distanza ortodromica d_{AB}:</u>



Applichiamo il teorema di Eulero al triangolo sferico APB (Fig.1):

$\cos d_{AB} = \cos C_A \cos C_B + \text{sen}\, C_A\, \text{sen}\, C_B \cos \Delta\lambda$

ove:

$C_A = C_B = 90° - \varphi_A = 90° - 45° = 45°$

$$\begin{array}{rl} \lambda_3 = 68°E & + \\ -\lambda_A = 08°E & + -(-) \\ \hline \Delta\lambda = 60°E & \end{array}$$

$\cos d_{AB} = \cos^2 45 + \text{sen}^2 45 \cos 60 = 0{,}75$

$d_{AB} = \cos^{-1}(0{,}75) = 41{,}4° = 2484{,}5$ NM

B) <u>Calcolo della rotta ortodromica</u>:

Applichiamo al triangolo sferico la relazione di Viète, partendo dal lato (90°- φ_B), ricaviamo (Fig. 2):

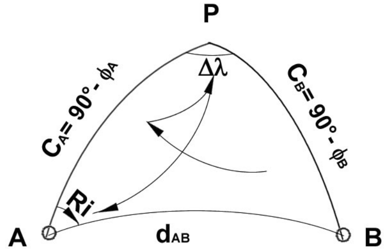
$\cot(90° - \varphi_B)\, \text{sen}(90° - \varphi_A) = \cos(90° - \varphi_A) \cos \Delta\lambda + \text{sen}\, \Delta\lambda \cot Ri$

da cui, si ottiene:

$\tan \varphi_B \cos \varphi_A = \text{sen}\, \varphi_A \cos \Delta\lambda + \text{sen}\, \Delta\lambda \cot Ri$

da cui:

$$\cot Ri = \frac{\tan \varphi_B \cos \varphi_A - \text{sen}\, \varphi_A \cos \Delta\lambda}{\text{sen}\, \Delta\lambda}$$



e infine:

$$\tan Ri = \frac{\text{sen}\, \Delta\lambda}{\tan \varphi_B \cos \varphi_A - \text{sen}\, \varphi_A \cos \Delta\lambda}$$

quindi, sostituendo i valori si ha:

$$\tan Ri = \frac{\text{sen}\, 60}{\tan 45 \cos 45 - \text{sen}\, 45 \cos 60} = 2{,}449$$

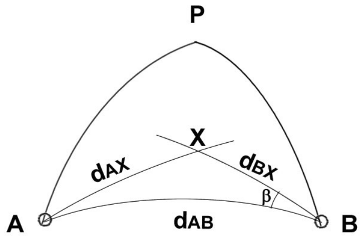
e quindi:

$Ri_{AB} = \tan^{-1}(2{,}449) = 67{,}8° = $ N 67° 48' E

2) Calcolo dei lati del triangolo sferico AXB (Fig. 1):

A) <u>Calcolo angoli α e β alla base</u>:

$\alpha = Ri_{AB} - Ri_{AX} = 67{,}8° - 45° = 22{,}8° = \beta$
(essendo anche $Ri_{BX} = 45°$)



3) Calcolo della distanza ortodromica $d_{AX} = d_{BX}$:
Applichiamo il teorema di Eulero al triangolo sferico AXB (Fig.3):
$\cos d_{AX} = \cos d_{BX} \cos d_{AB} + \text{sen}\, d_{BX}\, \text{sen}\, d_{AB} \cos\beta =$
$= \cos d_{AX} \cos d_{AB} + \text{sen}\, d_{AX}\, \text{sen}\, d_{AB} \cos\beta$
ed estrapoliamo il lato d_{AX}:
$\cos d_{AX}(1 - \cos d_{AB}) = \text{sen}\, d_{AX}\, \text{sen}\, d_{AB} \cos\beta$

$$\frac{\text{sen}\, d_{AX}}{\cos d_{AX}} = \frac{1-\cos d_{AB}}{\text{sen}\, d_{AB} \cos\beta}$$

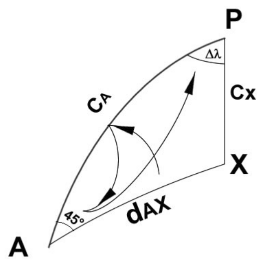
$$\tan d_{AX} = \frac{1-\cos d_{AB}}{\text{sen} d_{AB} \cos\beta} = \frac{1-\cos 41{,}4}{\text{sen}\, 41{,}4 \cos 22{,}8} = 0{,}40898$$

$d_{AX} = \tan^{-1}(0{,}40898) = 22{,}288° = 1337{,}3$ NM

4) Conoscendo le coordinate (φ_A; λ_A) del punto di partenza e la distanza percorsa, possiamo trovare le coordinate del punto di incontro X:

A) Per il calcolo della latitudine di X, applichiamo il teorema di Eulero al triangolo sferico PAX (Fig.4):

$\cos C_X = \cos C_A \cos d_{AX} + \text{sen}\, C_A\, \text{sen}\, d_{AX} \cos Ri_{AX} =$
$= \cos(90-\varphi_A) \cos d_{AX} + \text{sen}(90-\varphi_A)\, \text{sen}\, d_{AX} \cos Ri_{AX} =$
$= \text{sen}\, \varphi_A \cos d_{AX} + \cos\varphi_A\, \text{sen}\, d_{AX} \cos Ri_{AX} =$
$= \text{sen}\, 45 \cos 22{,}28 + \cos 45\, \text{sen}\, 22{,}28 \cos 45 = 0{,}843$
$C_X = \cos^{-1}(0{,}843) = 32{,}45°$
ma C_X non è altro che la colatitudine di X e quindi:
$\varphi_X = 90° - 32{,}45° = 57{,}55° = 57° 33'$ N



B) Per il calcolo della longitudine di X, applichiamo la regola di Viète allo stesso triangolo:

$\cot d_{AX}\, \text{sen}\, C_A = \cos C_A \cos Ri + \text{sen}\, Ri \cot \Delta\lambda_{AX}$
da cui:

$$\cot\Delta\lambda_{AX} = \frac{\cot d_{AX} \cos\varphi_A - \text{sen}\,\varphi_A \cos Ri}{\text{sen}\, Ri}$$

ed infine, ricaviamo:

$$\cot\Delta\lambda_{AX} = \frac{\cos\varphi_A}{\text{sen}\, Ri\, \tan d_{AX}} - \frac{\text{sen}\,\varphi_A}{\tan Ri}$$

sostituendo i valori, otteniamo:

$$\cot \Delta\lambda_{AX} = \frac{\cos 45}{\text{sen}\,45\ \tan 22{,}17} - \frac{\text{sen}\,45}{\tan 45} = 1{,}747$$

da cui:

tan $\Delta\lambda_{AX}$ = 1/ 1,747 = 0,572

$\Delta\lambda_{AX}$ = tan-1(0,572) = 29,78° E = 29° 47' E

a cui assegniamo lo stesso segno di $\Delta\lambda$.

Quindi la longitudine del punto stimato sarà:

$$\begin{array}{rl} \lambda_A = & 08°00'E \quad + \\ +\,\Delta\lambda_{AX} = & 29°47'E \quad ++(+) \\ \hline \lambda_X = & 037°47'E \end{array}$$

Quesito E

I satelliti della costellazione GPS hanno un periodo orbitale di 11 ore 57 minuti e 58 secondi e semiasse maggiore 26.560 km.
Da una stazione di controllo al suolo si rileva che uno dei satelliti ha un periodo di 11 ore 54 minuti e 04 secondi. Il candidato determini il nuovo valore del semiasse maggiore dell'orbita.

1) Calcolo del semiasse minore:

Poiché il periodo orbitale di un satellite è dato da:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{a^3}{GM}}$$

ove la costante gravitazionale della terra:

$GM = 3{,}986 \times 10^{14}\ m^3/sec^2$

a = semiasse maggiore orbita

estrapolando il semiasse a:

$$a = \sqrt[3]{GM\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2}$$

Sostituendo il nuovo valore del periodo orbitale:

T = 11h 54 m 04s = 42.844 s

avremo:

$$a = \sqrt[3]{3{,}986 \times 10^{14}\left(\frac{42.844}{2 \times 3{,}14}\right)^2} = \sqrt[3]{1{,}855 \times 10^8 \times 10^{14}} = \sqrt[3]{1{,}855 \times 10^{22}} =$$

$$= 26471657\,m = 26.471{,}6\,Km$$

2) Calcolo delle quote relative al passaggio al Perigeo ed all'Apogeo:

$H_P = F_1P - R = (OP - F_1P) - R = (a-c) - R = a(1 - c/a) - R = a(1-e) - R$

$H_A = a(1+e) - R$

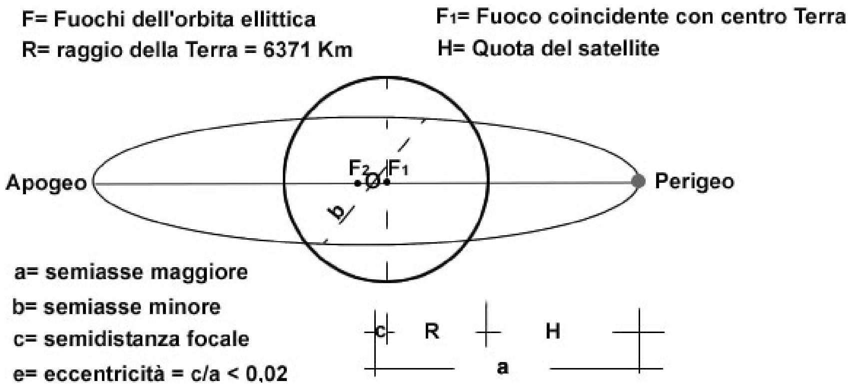
ove, posto:
Raggio della Terra = R = 6371 Km
eccentricità = e = 0,002
si ottiene:
H_P = 26.471,6 (1-0,02) – 6371 = 19.571 Km
H_P = 26.471,6 (1+0,02) – 6371 = 20.630 Km

3) Calcolo del semiasse minore b:

Il semiasse minore b sarà:

$$b=\sqrt{a^2-c^2}=a\sqrt{1-e^2}=26471{,}6\sqrt{1-0{,}02^2}=26.466\text{Km}$$

N.B. Si vede quindi il semiasse b ≈ semiasse a, cioè che l'orbita di un satellite GPS si può considerare con buona approssimazione, circolare



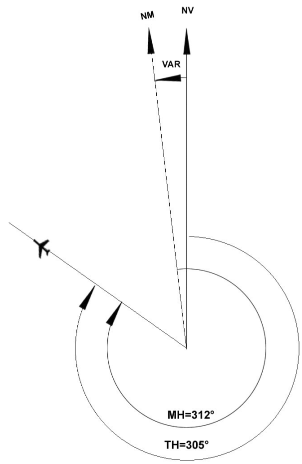
SESSIONE 2003 - 2004

Quesito A

Alle UT 20:30 del 20.05.04 un aeromobile, in volo con TAS = 300 kt e MH = 312° (VAR=7°W), sorvola la verticale di una base A posta, rispetto ad una stazione VOR-DME sul QDM 277° a una distanza di 60 NM. Nel serbatoio vi sono 650 Kg di carburante, il consumo è di 120 Kg/h.
Dopo 20 minuti i dati rilevati al VOR-DME sono 157°/60 NM.
Da tale punto l'aeromobile inizia un volo di ricognizione con TC= 090° proseguendo fino a un punto dal quale deve poi rientrare alla base con una riserva di carburante di 130 Kg.
Il candidato calcoli gli elementi del vento, la MH di rientro alla base e l'istante in cui deve iniziare la manovra di rientro

1) Trasformazione dei dati magnetici in veri:

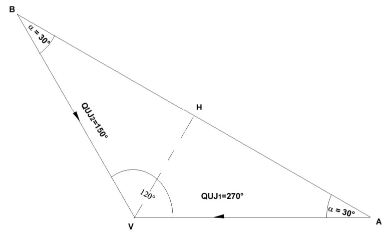
Essendo MH = 312°; VAR = 7° W
si avrà (Fig. 1):



TH = MH + VAR = 312° + (-7°) = 305°
Analogamente:
$QUJ_1 = QDM_1 + VAR = 277° + (-7°) = 270°$
$QUJ_2 = QDM_2 + VAR = 157° + (-7°) = 150°$

2) Calcolo della rotta e della distanza percorsa nei primi 20 minuti (Fig. 2):

Poiché i due QUJ formano tra loro un angolo pari a:
270° - 150° = 120°
e le due distanze di rilevamento sono entrambe uguali a 60 NM, si avrà che il triangolo AVB è isoscele e gli angoli alla base saranno pari a:
α = ½(180°-120°) = 30°
di conseguenza il lato AB che rappresenta il percorso seguito nei primi 20 minuti sarà:
AB = 2 × AH = 2 × (AV cos 30°) = 2 × (60 cos 30)= 104 NM
e la rotta seguita sarà:
$TT = QUJ_1+30° = 270°+30° = 300°$
Infine la velocità reale al suolo sarà:
TGS = AB/(20/60) = 104/(20/60) = 312 Kts



3) Calcolo del vento in zona (Fig. 3):

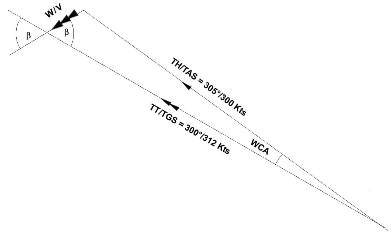
Poiché disponiamo dei due vettori velocità:
TT/TGS = 300°/312 Kts
TH/TAS = 305°/300 Kts
e l'angolo WCA compreso:
WCA = -d = -(TT-TH) =
= - (300°-305°) = - (-5°) = +5°
possiamo ricavarci l'intensità dal vento con il teorema di Carnot:

$$V=\sqrt{300^2+312^2-2\times300\times312\times\cos5}=29{,}26\text{Kts}$$

e la direzione di provenienza, con il teorema dei seni:

$$\frac{V}{\text{sen}\,WCA}=\frac{TAS}{\text{sen}\,\beta}$$

da cui:
sen β = (TAS/V) sen WCA = (300/29,26)
sen 5 = 0,893
$\beta = \text{sen}^{-1}(0{,}893)=63{,}25°$
Quindi:
W = TC - β -180° = 300° - 63,25° - 180° = 56,75°
Possiamo così affermare che il vento in zona è pari a:
AW/V = 057°/29 Kts



4) Calcolo della velocità di allontanamento (GSo) e di rientro (GS_H) lungo il tratto della perlustrazione:

Poiché il velivolo si allontana dal punto B su una rotta vera di 90°, avremo:
TC = 090°
TAS = 300 Kts
AW/V = 057°/29 Kts

Xc = -V sen (TC – W) = - 29 sen(090-057) = - 29 sen 33 = - 15,79 Kts
Lc = - V cos (TC-W) = - 29 cos 33 = - 24 Kts
Sen WCA = Lc/TAS = -15,79/300 = - 0,0526
WCA = sen^{-1}(-0,0526) = - 3°
ETAS = TAS cos WCA = 300 cos(-3) = 299 Kts
GSo = ETAS + (±Lc) = 299 + (-24) = 275 Kts
GS_H = ETAS - (±Lc) = 299 - (-24) = 323 Kts

5) Calcolo dell'autonomia residua T:

Poiché il velivolo ha consumato, nel tratto AB, una quantità di carburante pari a:
C_{AB} = (20'/60)h × 120 Kg/h = 40 Kg
La quantità di carburante disponibile in B sarà:
650 - 40 = 610 Kg
di conseguenza il carburante utilizzabile, dovendo rientrare con 130 Kg di carburante nei serbatoi, sarà:
610 – 130 = 480 Kg
che consentiranno un'autonomia residua di:

$$T = \frac{480\,Kg}{120\,Kg/h} = 4\,h$$

6) Calcolo del raggio d'azione:

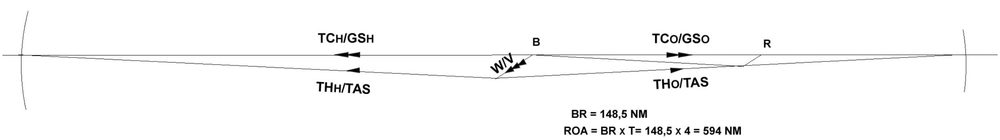
$$ROA_T = T\frac{GS_H}{GS_H + GS_O} = 4\frac{323}{323+275} = 2{,}16\,h = 2\,h\ 10\,min$$

ROA_D = ROA_T × GSo = 2,16 × 275 = 594 NM

7) Calcolo dell'orario in cui effettuare l'inversione:

TTT = 20:30 + 02:10 = 22:40

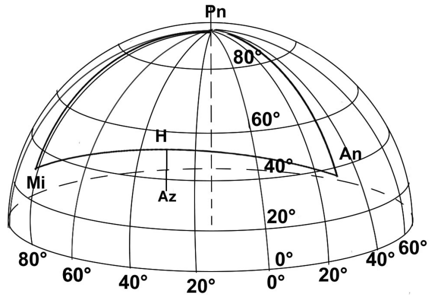
8) Si riporta di seguito la risoluzione grafica del ROA (Fig. 4):



Quesito B

Alle ZT 06:00 del 10 Marzo 2004 un aereo militare parte da Miami (Lat. = 25° 48'N, Long. = 080° 17'W) diretto per ortodromica ad Ankara (Lat. 39° 50'N, Long. = 032°50°E) mantenendo una GS costante di 450 kt.
Durante il viaggio l'aereo ha necessità di un rifornimento da effettuare tramite un aereo cisterna avente come base una località delle isole Azzorre (Lat. = 38° 38'N, Long. = 028° 03'W).
Il candidato calcoli la ZT (Zone Time) di partenza dell'aereo cisterna tale da intercettare l'aereo militare nel punto in cui l'ortodromia Miami-Ankara ha la minima distanza dalla base delle Azzorre e le coordinate del punto in cui avviene l'intercettazione.

1) Calcolo della rotta iniziale Ri (Fig. 1):



Dal triangolo sferico Mi–Pn–An ricaviamo differenza di longitudine tra Miami ed Ankara:

$$\begin{array}{ll} \lambda_{An} = \ 32°50'E & - \\ -\lambda_{Mi} = 80°17'W & --(+) \\ \hline \Delta\lambda = \ 113°07'E \ = 113{,}11°E & \end{array}$$

Applicando la regola di Viète, partendo dal lato C_{An}, troviamo (Fig. 2):

cot C_{An} sen C_{Mi} = cos C_{Mi} cos $\Delta\lambda$ + sen $\Delta\lambda$ cot Ri

cioè:

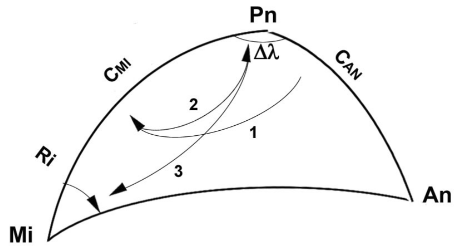
cot(90°- φ_{An}) sen(90°- φ_{Mi}) = cos(90°- φ_{Mi}) cos $\Delta\lambda$ + sen $\Delta\lambda$ cot Ri

da cui si ottiene:

tan φ_{An} cos φ_{Mi} = sen φ_{Mi} cos $\Delta\lambda$ + sen $\Delta\lambda$ cot Ri

da cui:

$$\cot Ri = \frac{\tan\varphi_{An}\,\cos\varphi_{Mi} - \operatorname{sen}\varphi_{Mi}\,\cos\Delta\lambda}{\operatorname{sen}\Delta\lambda}$$



e infine ricaviamo la formula risolutiva:

$$\tan Ri = \frac{\operatorname{sen}\Delta\lambda}{\tan\varphi_{An}\,\cos\varphi_{Mi} - \operatorname{sen}\varphi_{Mi}\,\cos\Delta\lambda}$$

quindi, sostituendo i valori si ha:

$$\tan Ri = \frac{\operatorname{sen}113{,}11}{\tan 39{,}83\,\cos 25{,}8 - \operatorname{sen}25{,}8\,\cos 113{,}11} = 0{,}9978$$

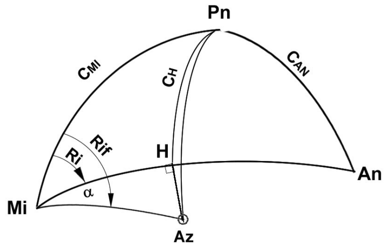
e quindi:

Ri = $\tan^{-1}(0{,}9978)$ = 44,93° = N 45° E

2) Calcolo della Rotta iniziale fittizia e della distanza ortodromica tra Miami e le Isole Azzorre (Fig. 3):

A) *<u>Differenza di longitudine tra Miami e Le Azzorre</u>:*

$$\begin{array}{ll} \lambda_{AZ} = 28°03'\,W & - \\ -\lambda_{Mi} = 80°17'\,W & --(+) \\ \hline \Delta\lambda = 52°14'\ E = 52{,}233°E & \end{array}$$



In analogia a quanto sopra avremo:

$$\tan Ri_f = \frac{\operatorname{sen}\Delta\lambda}{\tan\varphi_{Az}\cos\varphi_{Mi} - \operatorname{sen}\varphi_{Mi}\cos\Delta\lambda} =$$

$$= \frac{\operatorname{sen} 52{,}233}{\tan 38{,}63 \cos 25{,}8 - \operatorname{sen} 25{,}8 \cos 52{,}233} = 1{,}744$$

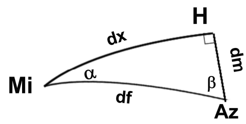
da cui:

$Ri_f = \tan^{-1}(1{,}744) = 60{,}17° = N\ 60°\ E$

3) Calcolo della distanza ortodromica tra Miami e Le Azzorre:
Utilizzeremo la relazione di Eulero (Fig. 3)

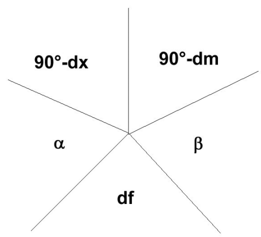
$\cos d_f = \operatorname{sen}\varphi_{Mi}\operatorname{sen}\varphi_{Az} + \cos\varphi_{Az}\cos\varphi_{Mi}\cos\Delta\lambda =$
$= \operatorname{sen} 25{,}8 \operatorname{sen} 38{,}63 + \cos 38{,}63 \cos 25{,}8 \cos 52{,}233 = 0{,}7024$
$d_f = \cos^{-1}(0{,}7024) = 45{,}38° = 45{,}38 \times 60\ NM = 2722{,}8\ NM$

4) Calcolo della distanza ortodromica tra Miami ed il punto H di intercettazione (Fig. 4):



Calcolo dell'angolo α tra la rotta Ri e la rotta fittizia Ri_f:
$\alpha = Ri_f - Ri = 60{,}17° - 45° = 15{,}17$

5) Calcolo della distanza ortodromica dm tra Le Azzorre e il punto H di intercettazione:
Poiché il punto H è ottenuto dall'intersezione tra la semiretta perpendicolare all'ortodromia tracciata dalle Azzorre e l'ortodromia stessa, si ha che il triangolo sferico Mi-H-Az è rettangolo in H.
Applichiamo quindi la regola di Nepero e dalla stella 5 punte (Fig. 5) ricaviamo la relazione:



$\cos(90-dm) = \operatorname{sen}\alpha \operatorname{sen} df$
cioè:
$\operatorname{sen} dm = \operatorname{sen}15 \operatorname{sen} 45{,}38 = 0{,}184$
$dm = \operatorname{sen}^{-1}(0{,}184) = 10{,}61° = 637\ NM$

6) Calcolo della distanza ortodromica dx tra Miami ed il punto H:
Sempre dalla precedente stella ricaviamo:
$\cos\alpha = \cot(90-dx)\cot df$
cioè:
$\cos\alpha = \tan dx \cot df$
da cui:
$\tan dx = \cos\alpha\ \tan df = \cos 15 \tan 45{,}38 = 0{,}9788$
$dx = \tan^{-1}(0{,}9788) = 44{,}38° = 2663\ NM$

7) Calcolo coordinate del punto H:

Per il calcolo della latitudine, applichiamo il teorema di Eulero al triangolo sferico Mi-Pn-H:
$\cos C_H = \cos C_{Mi} \cos (90\text{-}dx) + \text{sen } C_{Mi} \text{ sen } (90\text{-}dx) \cos Ri$
da cui:
$\cos (90-\varphi_H) = \cos (90-\varphi_{Mi}) \text{ sen } dx + \text{sen } (90-\varphi_{Mi}) \cos dx \cos Ri$
$\text{sen } \varphi_H = \text{sen } \varphi_{Mi} \text{ sen } dx + \cos \varphi_{Mi} \cos dx \cos Ri =$
$= \text{sen } 25{,}8 \text{ sen } 44{,}38 + \cos 25{,}8 \cos 44{,}38 \cos 45 = 0{,}7594$
$\varphi_H = \text{sen}^{-1}(0{,}7594) = 49{,}41° = 49° 24'$ N

Per il calcolo della longitudine, applichiamo il teorema dei seni:

$$\frac{\text{sen}\, Ri}{\text{sen}\, C_H} = \frac{\text{sen}\, \Delta\lambda}{\text{sen} dx}$$

da cui:

$$\text{sen}\Delta\lambda = \frac{\text{sen}\, Ri \ \text{sen}\, dx}{\text{sen}\, C_H} = \frac{\text{sen}\, Ri \ \text{sen}\ dx}{\cos \varphi_H} = \frac{\text{sen}\, 45\, \text{sen}\, 44{,}38}{\cos 49{,}41} = 0{,}76$$

$\varphi_H = \text{sen}^{-1}(0{,}76) = 49{,}46° = 49° 28'$ E

Quindi la longitudine del punto H sarà:

$$\begin{array}{rl} \lambda_{Mi} = 80°17'\,W & - \\ +\,\Delta\lambda = 49°28'\ E & ++(-) \\ \hline \lambda_H = 30°49'\ E & \end{array}$$

Quindi il punto H avrà coordinate:
H(49°24'N;30°49' W)

8) Calcolo orario di arrivo dell'aeromobile al punto H:

Posto:
FT = dx/GS = 2663/450 = 5,917 h = 5h 55' = tempo di volo per raggiungere il punto H
$\lambda^h_{Mi} = (-80°/15)h = -5{,}33 = -5$ h = fuso orario del punto H
Si avrà:

$$\begin{array}{rl} ZT_{Mi} = 06:00:00 & = \text{ora locale di partenza da Miami} \\ -\,\lambda^h_{Mi} = 05:00:00 & (+) \\ \hline UTC_{Mi} = 11:00:00 & = \text{UTC di partenza da Miami} \\ +\,FT = 05:55:00 & \\ \hline UTC_H = 16:55:00 & = \text{UTC di arrivo in H} \end{array}$$

N.B. A questo punto non è possibile calcolare la partenza dell'aereo cisterna visto che, nel testo, è stata omessa la velocità dello stesso.
Tuttavia al solo fine di indicare le procedure di calcolo che si sarebbero dovute eseguire, si procede supponendo che tale velivolo abbia una velocità al suolo pari a:
GSc = 400 Kts

9) Calcolo orario di partenza del velivolo cisterna:

Il tempo di volo per raggiungere il punto H sarebbe stato:
FTc = dm/GSc = 637/400 = 1,592h = 1h 35’
e poichè il fuso orario delle Azzorre è:
λ^{h}_{Az} = (-28°/15)h = - 1,86 = - 2h

Si avrà:

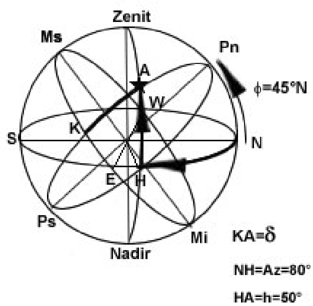
$$\begin{array}{rrl}
UTC_H = & 16:55 & = \text{UTC di arrivo in H} \\
-FT_C = & 01:25 & \\
\hline
UTC_{Az} = & 15:20 & = \text{UTC di partenza dalle Azzorre} \\
+\lambda^h_{Az} = & -02:00 & (-) \\
\hline
ZT_{Az} = & 13:20 & = \text{ora locale di partenza dalle Azzorre}
\end{array}$$

Quesito C

Un osservatore alla latitudine 45° N, osservando il cielo, scorge un astro nella direzione 80° ad un'altezza di circa 50°. Il candidato chiarisca se l'astro osservato è la stella Vega (la cui declinazione è 38° 45'N) o la stella Deneb (la cui declinazione è 45° 15'N).
Dell'astro sono state date le coordinate azimutali (altezza ed azimuth):
h = 50°
Az = 80°

Calcoliamo ora la declinazione δ dell' astro, ovvero l'arco orario compreso tra l'astro e l'equatore celeste (fig.1).
A tal fine è conveniente servirsi della relazione della seconda trasformazione di coordinate (da Azimutali ad orarie).
Abbiamo:

sen δ = sen φ sen h + cos φ cos h coz Z



Poichè siamo nell’emisfero Nord e l’Azimut = 90° <180° significa che l’astro è ad Est e quindi l’angolo azimutale Z coincide con l’Azimut:
Z = Az =80°
Sostituendo i valori si ha:

sen δ = sen 45 sen 50 + cos 45 cos 50 cos 80 = 0,62

quindi: δ = sen^{-1} (0,62) = 38,35°

Si poteva raggiungere lo stesso risultato calcolando la distanza polare *p* con il teorema di Eulero applicato al triangolo sferico Z-A-Pn (fig.2):
cos p = cos c cos z + sen c sen z cos Z
i cui lati sono:
colatitudine c (complemento della latitudine):

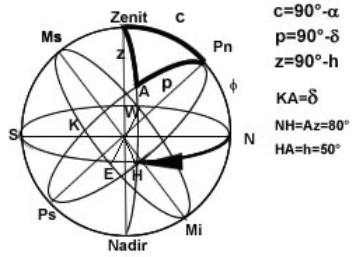
$c = 90° - \varphi = 45°$

distanza polare p (arco di cerchio orario compreso tra il polo elevato e l'astro):

$p = 90° - \delta$

distanza zenitale z (arco di verticale compresa tra lo zenit e l'astro):

$z = 90° - h = 40°$



Sostituendo abbiamo:

$\cos p = \cos 45° \cos 40° + \operatorname{sen} 45° \operatorname{sen} 40° \cos 80° = 0{,}62$

$p = \cos^{-1} (0{,}62) = 51{,}6° = 90° - \delta$

$\delta = 90 - p = 90 - 51{,}6 = 38.4° = 38{,}4°N$

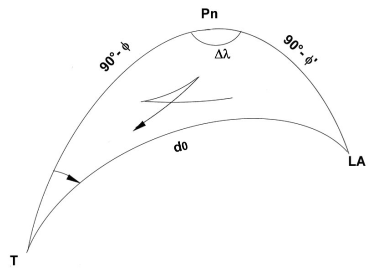
L'astro osservato è pertanto la stella VEGA.

Quesito D

Una compagnia aerea deve pianificare un volo settimanale di andata e ritorno tra Los Angeles (Lat.=34°20'N,Long.=118°20'W) a Tokyo (Lat.=35°42'N, Long. =139°46'E).

Il percorso deve essere ortodromico con una Ground Speed di 480 kt per l'andata e di 510 kt per il ritorno.

Il candidato calcoli il giorno e l'ora fuso di partenza da Los Angeles sapendo che l'aeromobile dovrà raggiungere Tokyo il martedì alle ZT 11:00 e l'ora di partenza da Tokyo sapendo che l'aeromobile dovrà rientrare a Los Angeles sempre alle ZT 11:00 di martedì.



1) Calcolo della distanza ortodromica tra Los Angeles e Tokyo:

Utilizzeremo la relazione di Eulero applicata al triangolo sferico T-Pn-LA (Fig. 1)

$\cos do = \cos(90° - \varphi) \cos(90° - \varphi') + \operatorname{sen}(90° - \varphi) \operatorname{sen}(90° - \varphi') \cos \Delta\lambda$

da cui, essendo: $\cos (90° - \alpha) = \operatorname{sen} \alpha$

$\operatorname{sen} (90° - \alpha) = \cos \alpha$

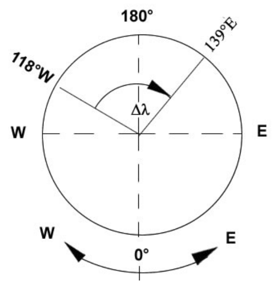
si ha:

$\cos do = \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \varphi' + \cos \varphi \cos \varphi' \cos \Delta\lambda$

ove:

$\varphi = \varphi_{LA} = 34° 20' N = 34{,}33° \quad N$

$\varphi' = \varphi_T = 35° 42' N = 35{,}7° \quad N$



mentre la differenza di longitudine $\Delta\lambda$ tra Los Angeles e Tokyo sarà data da:

$$\begin{array}{rl} \lambda_T = & 139°46'E \qquad + \\ -\lambda_{LA} = & 118°20'W \quad --(+) \\ \hline \Delta\lambda = & 258°06'E \; = 360° - 258°06'W = 101°54'W = 101{,}9°W \end{array}$$

N.B. L'operazione di cui sopra scaturisce dal fatto che deve essere sempre $\Delta\lambda < 180°$ (Fig. 2).

Quindi avremo:
cos do = sen 34,33 sen 35,7 + cos 34,33 cos 35,7 cos 101,9 = 0,191
d = $\cos^{-1}$(1,191) = 78,98° = (78,98× 60) NM = 4739,33 NM

2) Calcolo della rotta ortodromica iniziale:

Applicando la relazione di Viète al triangolo sferico, partendo dal lato (90°- φ'), ricaviamo:

cot(90°- φ') sen(90°- φ) = cos(90°- φ) cos Δλ + sen Δλ cot Ri
da cui:
tan φ' cos φ = sen φ cos Δλ + sen Δλ cot Ri
da cui:

$$\cot Ri = \frac{\tan\varphi' \cos\varphi - \operatorname{sen}\varphi \cos\Delta\lambda}{\operatorname{sen}\Delta\lambda}$$

e infine ricaviamo:

$$\tan Ri = \frac{\operatorname{sen}\Delta\lambda}{\tan\varphi' \cos\varphi_A - \operatorname{sen}\varphi_A \cos\Delta\lambda}$$

quindi, sostituendo i valori si ha:

$$\tan Ri = \frac{\operatorname{sen}101{,}9}{\tan 35{,}7 \cos 34{,}33 - \operatorname{sen}34{,}33 \cos 101{,}9} = 1{,}378$$

e quindi:
Ri = $\tan^{-1}$(1,378) = 54,04° = N 54° W
ove: N = segno di φ
W = segno di Δλ

3) Calcolo dei tempi di volo:

- Tempo di volo di andata:

$FT_A = d/GS_A$ = 4739,33/480 = 9,87 h = 9h 53m12s

- Tempo di volo di ritorno:

$FT_R = d/GS_R$ = 4739,33/510 = 9,29 h = 9h 17m24s

4) Calcolo ora locale di partenza da Los Angeles:
Posto:
λ^h_T = (139°/15)h = 9,25 h = +9 h = fuso orario di Tokyo
λ^h_{LA} = (-118°/15)h = - 7,8 h = -8 h = fuso orario di Los Angeles
Si ha:

$$\begin{array}{rl}
ZT_T = & 11:00:00 \ = \ \text{ora locale di arrivo a Tokyo il martedì} \\
-\lambda^h_T = & 09:00:00 \ (-) \\ \hline
UTC_T = & 02:00:00 \ = \ \text{UTC di arrivo il martedì a Tokyo} \\
+FT_A = & 09:52:12 \\ \hline
UTC_{LA} = & 16:07:48 \ = \ \text{UTC di partenza il lunedì da Los Angeles} \\
+\lambda^h_{LA} = & -08:00:00 \ (-) \\ \hline
ZT_{LA} = & 08:07:48 \ = \ \text{ora locale di partenza il lunedì da Los Angeles}
\end{array}$$

5) Calcolo ora locale di partenza da Tokyo:

$$\begin{array}{rcll}
ZT_{LA} & = & 11:00:00 & = \text{ora locale di arrivo a Los Angeles il martedì} \\
-\lambda^{h}_{LA} & = & -08:00:00 & (+) \\
\hline
UTC_{LA} & = & 19:00:00 & = \text{UTC di arrivo a Los Angeles il martedì} \\
-FT_{R} & = & 09:17:24 & \\
\hline
UTC_{T} & = & 09:43:36 & = \text{UTC di partenza ill martedì da Tokyo} \\
+\lambda^{h}_{T} & = & -09:00:00 & (+) \\
\hline
ZT_{T} & = & 18:43:36 & = \text{ora locale di partenza il martedì da Tokyo}
\end{array}$$

Quesito E

Si vuole costruire una carta stereografica polare sul parallelo 80°N scala 1:2.000.000.
Il candidato calcoli il raggio da assegnare alla sfera rappresentativa terrestre, il raggio del parallelo di latitudine 80°N, la latitudine del parallelo entro il quale si può estendere la carta affinché le deformazioni non eccedano il 3%.

1) Calcolo del raggio della sfera rappresentativa:

Estrapolando il raggio r dalla formula della scala:

$$\sigma = \eta \frac{1}{R/r}$$

si ha: $r = \frac{R\sigma}{\eta}$

e poichè: $\eta_{80} = \sec^2(45- \varphi/2) = \sec^2(45-80/2) = 1/\cos^2 5 = 1{,}008$

sostituendo, si ha:

$$r = \frac{6370 \times 10^6}{1{,}008} \frac{1}{2 \times 10^6} = 3160 \text{ mm} = 316 \text{ cm}$$

2) Calcolo raggi dei paralleli:

A) Il raggio del parallelo 80°N sarà:

$\rho_{80} = 2 \times r \times \tan(45-\varphi/2) = 2 \times 316 \times \tan(45-80/2) = 55{,}3$ cm

B) Il raggio del parallelo in cui la deformazione è del 3% si calcola considerando che la relativa deformazione lineare deve essere pari a:

$\eta = 1{,}03$

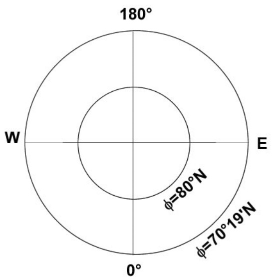
quindi estrapolando la latitudine φ dalla formula:

$\eta = \sec^2(45- \varphi/2) = 1/\cos^2(45- \varphi/2)$

si ottiene:

$\cos^2(45- \varphi/2) = 1/ \eta$

$$\cos(45 - \varphi/2) = \sqrt{\frac{1}{\eta}} = \sqrt{\frac{1}{1{,}03}} = 0{,}9853$$



$(45 - \varphi/2) = \cos^{-1}(0{,}9853) = 9{,}836$
$45 - 9{,}836 = \varphi/2$
$\varphi = 2(45-9{,}836) = 70{,}328° = 70°19'$ N

Il raggio del parallelo sarà (Fig. 1):
$\rho_{70} = 2 \times r \times \tan(45-\varphi/2) = 2 \times 316 \times \tan(45-70{,}328) =$
$= 109{,}6$ cm

SESSIONE 2004 - 2005

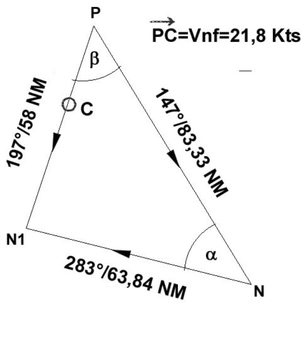
Quesito A

Alle UT 09:00 del 12 giugno 2005 un aereo ricognitore, con un'autonomia di 160 minuti, si allontana dalla base di Pratica di Mare (Lat. 41° 40' N, Long. 012° 30' E) mantenendo: Mach Number 0.47, Flight Level 120 e una TC di 270°.
Nella zona vi è presenza di un vento costante da NW con velocità 40 kt, la temperatura e di 3,8°C superiore a quella ISA.
Nello stesso istante una portaerei dalla rada di Napoli (Lat. 40° 30' N, Long. 013° 30' E) dirige per lossodromia verso la base della Maddalena (Lat. 41° 13' N, Long. 009° 24' E) con una velocità di 24 kt.
Il candidato determini il raggio d'azione dell'aeromobile che consente all'aereo di atterrare sulla portaerei al termine dell'autonomia e le coordinate del punto di non ritorno.

1) Calcolo della TAS:

ISA = - 2/1000 × PA + 15 = - 2/1000 × 12.000 + 15 = -9°C
SAT = ISA +3,8°C = - 9° + 3,8° = - 5,2°C
Dal regolo per un Mn = 0,47, ad una PA= 12.000 ft, si ottiene, in corrispondenza della curva della SAT = - 5°C, una:
TAS = 295 Kts

2) Calcolo del rilevamento polare e della distanza tra Pratica di Mare e la portaerei in rada a Napoli (Fig. 1):



Calcoliamo la rotta vera tra Pratica e la portaerei che equivale a trovare il QTE della portaerei da Pratica:

$$\begin{array}{rll} \lambda_N = 013°30'E & + \\ -\lambda_P = 012°30'E & +-(-) \\ \hline \Delta\lambda = 001°00'E & = 60' \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} \varphi_N = 40°30'N & + \\ -\,\varphi_P = 41°40'N & +-(-) \\ \hline \Delta\varphi = 01°10'S & = 70' \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} \varphi_P = 41°40'N & \\ +\,\Delta\varphi/2 = 00°35'S & \\ \hline \varphi_m = 41°05'N & = 41{,}083° \end{array}$$

tan TC = ($\Delta\lambda'/\Delta\varphi'$) cos φ_m = 60/70 cos 41,083 = 0,646
$TC_1 = \tan^{-1}(0{,}646)$ = 32,862° = S 32°51' E = 180 ° - 32°51' ≈ 147°
Quindi, come abbiamo visto, sarà anche:
QTE = TC = 147°
e la distanza sarà:
D = $\Delta\varphi'$/cos TC = 70/ cos 32,862 = 83,33 NM

3) Calcolo della rotta della portaerei in direzione della Maddalena
Abbiamo:

N (φ = 40°30'N; λ = 13°30' E)
M (φ' = 41°13'N; λ' = 09°24' E)

Quindi, analogamente a quanto fatto sopra, avremo:

$$\begin{array}{rl} \lambda_M = 09°24'\ E & + \\ -\,\lambda_N = 13°30'\ E & +-(-) \\ \hline \Delta\lambda = 04°06'W & = 246' \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} \varphi_M = 41°13'N & + \\ -\,\varphi_N = 40°30'N & +-(-) \\ \hline \Delta\varphi = 00°43'N & = 43' \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} \varphi_N = 40°30'\ N & \\ +\,\Delta\varphi/2 = 00°21{,}5'N & \\ \hline \varphi_m = 40°51{,}5'N & = 40{,}858° \end{array}$$

tan TC = ($\Delta\lambda'/\Delta\varphi'$) cos φ_m = 246/43 cos 40,858 = 4,3269
$TC_1 = \tan^{-1}(4{,}3269)$ = N 77° W = 360° - 77° = 283°

4) Calcolo della posizione N_1 della portaerei al termine dell'autonomia dell'aereo (Fig. 1):

Poiché l'autonomia del velivolo è:
T = 160' = 2 h 40 min = 2,66 h
la portaerei avrà percorso una distanza pari a:
$NN_1 = D_N = V_N \times T = 24 \times 2{,}66 = 63{,}84$ NM

5) Calcolo della distanza PN_1 e della Rotta percorsa dalla base mobile fittizia durante il tempo T pari all'autonomia del velivolo:

A) *<u>dal triangolo PNN_1 otteniamo i due vettori</u>* (Fig. 1):

$\overrightarrow{PN}$ = 147°/83,33 NM

$\overrightarrow{NN_1}$ = 283°/63,84 NM

e l'angolo compreso:
α = (147° + 180°) – 283° = 44°
Quindi, dal teorema di Carnot, otteniamo:

$$PN_1 = \sqrt{83{,}33^2 + 63{,}84^2 - 2 \times 83{,}33 \times 63{,}84 \times \cos 44} = 58 \text{ NM}$$

mentre, dal teorema dei seni, ricaviamo:

$$\frac{NN_1}{\operatorname{sen}\beta} = \frac{PN_1}{\operatorname{sen}\alpha}$$

da cui:

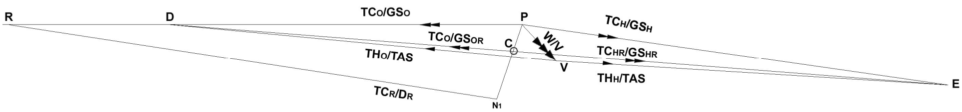
$$\operatorname{sen}\beta = \frac{NN_1}{PN_1}\operatorname{sen}\alpha = \frac{63{,}84}{58}\operatorname{sen}44 = 0{,}764 \ \rightarrow \beta = \operatorname{sen}^{-1}(0{,}764) = 50°$$

Quindi la rotta della base mobile fittizia sarà (Fig. 2):
$TC_{NF} = PN_1 =$ PN + 50° = 147° + 50° = 197°

B) *<u>La velocità della stessa base mobile, sarà</u>:*

$PC = V_{NF} = PN_1 / T = 58/2{,}66 = 21{,}8$ Kts

6) Risoluzione grafica del Raggio d'azione (Fig. 2):



A) Riportiamo, nella posizione iniziale (P) della portaerei, il vettore vento

W/V = 315°/40 Kts;
il vettore dello spostamento orario della portaerei fittizia:

$\overrightarrow{PC} = R_{NF}/V_{NF}$ = 197°/21,8 Kts

e la semiretta della direzione della rotta di allontanamento dell'aeromobile:
TC_O = 270°;

B) dall'apice V, del vettore vento, con apertura di compasso pari alla

TAS= 295 Kts
intersechiamo, in D, la $TC_{O;}$

C) abbiamo così ottenuto gli elementi del triangolo del vento della fase di allontanamento:

$\overrightarrow{VD}$ = TH_O /TAS = 275°/295 Kts
$\overrightarrow{PD}$ = TC_O / GS_O = 270°/265 Kts;

D) uniamo il punto D con il punto C, apice del vettore R_{NF} /V_{NF};

E) dal punto V, con apertura di compasso pari alla TAS, intersechiamo in E, il prolungamento della semiretta DC;

F) abbiamo così ottenuto gli elementi del triangolo del vento della fase di rientro:

$\overrightarrow{VE}$ = TH_H /TAS = 093°/295 Kts
$\overrightarrow{PE}$ = TC_H / GS_H = 098°/326 Kts;

G) sulla semiretta della rotta della nave, riportiamo il punto N_1 in cui si troverà la portaerei al termine dell'autonomia dell'aeromobile:

$PN_1 = V_{NF} \times T = 21{,}8 \times 2 = 58$ NM;

H) tracciamo da N_1 una parallela alla TC_H fino ad intersecare in R, la TC_O, ed otteniamo il segmento PR che rappresenta il punto di non ritorno, cioè il punto in cui il velivolo deve rientrare verso la portaerei per poterci arrivare entro la fine della propria autonomia di volo.
Quindi sarà:
PR = ROA = 392 NM;

I) il vettore RN_1 rappresenta la Rotta/Distanza di rientro:

TC_R/ D_R = 098°/384 NM.

L) I vettori:

$\overrightarrow{CD}$ = TC_{OR} / GS_{OR} = 274°/260 Kts
$\overrightarrow{CE}$ = TC_{HR} / GS_{HR} = 094°/330 Kts
ed il vettore:
$\overrightarrow{CV}$ = W/R = 282°/35 Kts
possono essere utilizzati per confrontare i valori della risoluzione analitica

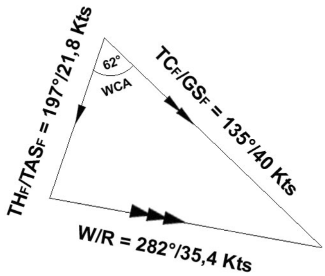
7) Risoluzione analitica:

A) <u>Calcolo THo/GSo</u>:

TCo = 270°
TAS = 295 Kts
W/V = 315°/40 Kts
otteniamo:
Xc =-V sen(TC-W) = - 40 sen (270-315) = - 40 sen (-45) = 28,28 Kts
Lc = - V cos(TC-W) = - 40 cos (-45) = - 28,28 Kts

Sen WCA = Xc/TAS = 28,48/295 = 0,0958
WCA = sen^{-1}(0,0958) = 5,5°
ETAS = TAS cos WCA = 295 cos (5,5) = 293,6 Kts
GSo = ETAS + (± Lc) = 293,6 + (-28,28) = 265 Kts
THo = TCo +(± WCA) = 270 + (5) = 275°

B) *Calcolo della W/R* (Fig. 3):



THf/TASf = W/F = R_{NF}/V_{NF} = 197°/21,8 Kts
TCf/GSf = (W-180)/V = (315-180)°/40 Kts =
= 135°/40 Kts
Risolvendo con il 3° problema del vento, avremo:
d = TC-TH= 135 –197= -62°
WCA = -d = 62°
ETAS = TAS cos WCA = 21,8 cos 62 = 10,23 Kts
Xc = TAS sen WCA = 21,8 sen 62 = 19,248 Kts
Lc = GS – ETAS = 40 – 10,23 = 29,77 Kts
Riportiamo sul regolo Jeppesen il punto vento ottenuto dalle due componenti Xc ed Lc, che ci fornisce, per una TC= 135°, un vento:

W/R = 282°/35 Kts

C) *Calcolo della Rotta (TC_{OR}) e della Velocità (GS_{OR}) relativa di allontanamento:*

Poiché si immagina che il velivolo si allontani dalla portaerei con una:
THo = 275° ed una TAS = 295 Kts
contrastando un vento pari a:
W/R = 282°/35 Kts
dovremo calcolare i valori della Rotta (TC_{OR}) che segue e della Velocità al suolo che mantiene (GS_{OR}):
THo/ TAS = 275°/ 295 Kts
W/V= 282°/35 Kts

Prima iterazione:
Xc_1 = - V sen(THo-W) = -35 sen (275-282) = -35 sen (-7) = 4,2 Kts
Sen WCA_1 = Xc_1 /TAS = 4,2/295 = 0,014
WCA_1 = sen^{-1}(0,014) = 0,82° ≈ 1°
TCp_1 = THo – (± WCA_1) = 275 – (1)= 274°

Seconda iterazione:
Xc_2 = -V sen(TCp_1-W) = -35 sen (274-282) = -35 sen (-8) = 4,87 Kts
Sen WCA_2 = Xc_2 /TAS = 4,87/295 = 0,016
WCA_2 = sen^{-1}(0,016) = 0,946° ≈ 1°

Poichè il valore di WCA_2 è molto prossimo al precedente WCA_1, si può porre:

TCp_1 = TC_{OR}= 274°

di conseguenza sarà:
Lc = -35 cos (-7) = - 34,7 Kts

$ETAS \equiv TAS = 295$ Kts
$GS_{OR} = ETAS + (\pm Lc) = 295 + (-35) = 260$ Kts

D) *<u>Calcolo della Rotta (TC_{HR}) e della Velocità (GS_{HR}) relativa di rientro</u>:*

$TC_{HR} = TC_{OR}\ \pm 180° = 274 - 180 = 094°$
$TH_{HR} = TC_{HR} – (\pm WCA) = 094 – (+1) = 093°$
$GS_{HR} = ETAS – (\pm Lc) = 295 – (-35) = 330$ Kts

E) *<u>Calcolo della Rotta (TC_H) e della Velocità (GS_H) di</u> <u>rientro sulla portaerei</u>:*

Poichè la TH_{HR} corrisponde alla TH_H, applichiamo il 2° problema del vento ai vettori:
TH_H/ TAS = 093°/295 Kts
W/V = 315°/40 kts

Prima iterazione:
$Xc_1 = -V\ sen(TH_H - W) = -40\ sen\ (093-315) = -40\ sen\ (-222) = - 26{,}76$ Kts
$Sen\ WCA_1 = Xc_1 / TAS = - 26{,}76/295 = - 0{,}09$
$WCA_1 = sen^{-1}(-0{,}09) = - 5{,}2°$
$TCp_1 = TH_H – (\pm\ WCA_1) = 093 – (-5{,}2)= 098{,}2°$

Seconda iterazione:
$Xc_2 = -V\ sen(TCp_1 - W) = -40\ sen\ (098-315) = -40\ sen\ (-217) = - 24$ Kts
$Sen\ WCA_2 = Xc_2 / TAS = - 24/295 = 0{,}081$
$WCA_2 = sen^{-1}(0{,}081) = - 4{,}64°$
$TCp_2 = TH_H – (\pm\ WCA_2) = 093 – (- 4{,}6) = 097{,}6°$

Poichè il valore di WCA_2 è molto prossimo al precedente $WCA_{1,}$ si può porre:
$TCp1 = TC_H = 098°$
di conseguenza sarà:
$Lc = -40\ cos\ (-217) = 32$ Kts
$ETAS = TAS\ cos\ WCA = 295\ cos\ (-5) = 294$ Kts
$GS_H = ETAS + (\pm Lc) = 294 + 32 = 326$ Kts

F) *<u>Calcolo il raggio d'azione</u>*:

$ROA_T = T\ (GS_{HR}) / (GS_{HR}+GS_{OR}) = 2{,}66\ (330) / (330 + 260) = 1{,}48$ h

G) *<u>Calcolo ROA in distanza</u>*:

$ROA_D = ROA_T \times GSo = 1{,}48 \times 265 = 392$ NM

H) *<u>Calcolo distanza di rientro</u>*

$D_R = GS_H \times (T – ROA_T) = 326 \times (2{,}66 – 1{,}48) = 326 \times 1{,}18 = 384$ NM

8) Calcolo delle coordinate del ROA:

Dalla relazione della lossodromia, otteniamo:

$$\Delta\lambda' = \frac{D\,\mathrm{sen}TC}{\cos\varphi_m}$$

sostituendo con:
D = ROA = 392 NM
TC = 270° = N90°W
φ_m= φ_P = 41,66°
(N.B. P ed R sono sullo stesso parallelo)
si ha:

$$\Delta\lambda' = \frac{392\ \mathrm{sen}\ 90}{\cos 41{,}66} = 524{,}7'\ W = 8°\ 45'\ W$$

$$\begin{array}{rl} \lambda_P = 12°30'\ E & + \\ -\Delta\lambda = 08°45'\,W & -+(-) \\ \hline \lambda_R = 03°45'\ E & \end{array}$$

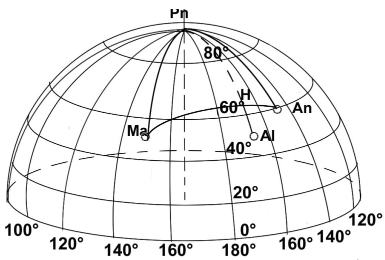
Quindi il ROA avrà coordinate:
R (φ = 41°40' N; λ = 03° 45' E)

Quesito B

Un aereo A parte da una base situate a Magadan (Lat. 59° 34' N, Long. 150° 48' E) alle UT 23:00 del 29 aprile 2005 seguendo l'ortodromia per Anchorage (Lat. 61° 13' N, Long. 149° 53' W) con una GS media di 475 kt.
Un secondo aereo B si leva in volo da una base presso le isole Aleutine (Lat. 52° 12' N, Long 174° 12' W) all'ora fuso ZT 11:30 del 29 aprile 2005 mantenendo TC = 00°.
Il candidato calcoli la GS media che deve mantenere il secondo aereo per intercettare in volo l'aereo A.

1) Calcolo della differenza di longitudine $\Delta\lambda$ tra Magadan ed Anchorage (Fig.1):

$$\begin{array}{rl} \lambda' = 149°53'\,W & + \\ -\lambda = 150°48'\ E & +-(-) \\ \hline \Delta\lambda = 300°41'\,W & = (360° - 300°41')E = 59°19'E \end{array}$$



2) Calcolo rotta iniziale Ri (Fig. 2):

Applicando la relazione di Viète al triangolo sferico, partendo dal lato $C\varphi_{An}$, ricaviamo:

$\cot C_{An}\ \mathrm{sen}\ C_{Ma} = \cos C_{Ma} \cos\Delta\lambda + \mathrm{sen}\ \Delta\lambda \cot Ri$

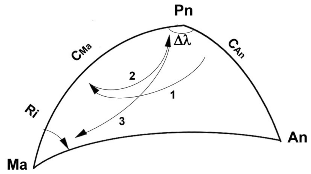
da cui:

$\cot(90° - \varphi_{An})\ \mathrm{sen}(90° - \varphi_{Ma}) = \cos(90° - \varphi_{Ma}) \cos\Delta\lambda + \mathrm{sen}\ \Delta\lambda \cot Ri$

$\tan\varphi_{An} \cos\varphi_{Ma} = \mathrm{sen}\ \varphi_{Ma} \cos\Delta\lambda + \mathrm{sen}\ \Delta\lambda \cot Ri$

$$\cot Ri = \frac{\tan\varphi_{An}\ \cos\varphi_{Ma} - \mathrm{sen}\,\varphi_{Ma}\ \cos\Delta\lambda}{\mathrm{sen}\,\Delta\lambda}$$

e infine ricaviamo:



$$\tan Ri = \frac{\operatorname{sen}\Delta\lambda}{\tan\varphi_{An}\,\cos\varphi_{Ma} - \operatorname{sen}\varphi_{Ma}\,\cos\Delta\lambda}$$

quindi, sostituendo i valori si ha:

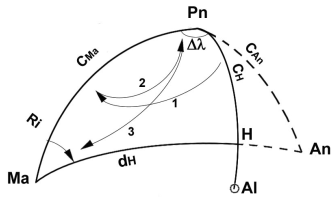
$$\tan Ri = \frac{\operatorname{sen}\,59{,}316}{\tan\,61{,}216\,\cos\,59{,}566 - \operatorname{sen}\,59{,}566\,\cos\,59{,}316} = 1{,}784$$

e quindi:
$Ri = \tan^{-1}(1{,}784) = 60{,}727° = N\ 61°\ E$

3) Calcolo latitudine del punto H di incontro con il meridiano delle Isole Aleutine (Fig. 3):

A) _Poiché l'aereo B segue una_:

TC = 360°
significa che segue il meridiano passante per la base delle Aleutine da cui è partito:
λ_{Al} = 174° 12' W
quindi sarà anche:
λ_H = 174° 12' W



B) _Per il calcolo della latitudine φ_H, posto_:

$$\begin{array}{rl} \lambda_H = 174°12'\,W & - \\ -\lambda_{Ma} = 150°48'\ E & +-(-) \\ \hline \Delta\lambda = 325°00'\,W & = (360° - 3325°)E = 35°E \end{array}$$

utilizziamo la relazione di Viète applicata al triangolo sferico Ma-Pn-H (Fig. 3) partendo dal lato incognito C_H:

$\cot C_H \operatorname{sen} C_{Ma} = \cos C_{Ma} \cos \Delta\lambda_H + \operatorname{sen} \Delta\lambda_H \cot Ri$
$\cot (90°-\varphi_H) \operatorname{sen} (90° - \varphi_{Ma}) = \cos (90° - \varphi_{Ma}) \cos \Delta\lambda_H + \operatorname{sen} \Delta\lambda_H \cot Ri$
da cui:

$$\tan\varphi_H = \tan\varphi_{Ma}\,\cos\Delta\lambda_H + \frac{\operatorname{sen}\Delta\lambda_H}{\cos\varphi_{Ma}\,\tan Ri}$$

Sostituendo i valori abbiamo così:

$$\tan\varphi_H = \tan 59{,}566\,\cos 35 + \frac{\operatorname{sen} 35}{\cos 59{,}566\,\tan 61} = 2{,}311$$

$\varphi_H = \tan^{-1}(2{,}311) = 66{,}6°\ N = 66°\ 36'\ N$

4) Calcolo distanza ortodromica tra Magadan ed il punto H:

Utilizzeremo la relazione di Eulero applicata al triangolo sferico Ma-Pn-H (Fig. 3)

$\cos d_H = \cos C_{Ma} \cos C_H + \text{sen } C_{Ma} \text{ sen } C_H \cos \Delta\lambda =$
$= \cos(90° - \varphi_{Ma}) \cos(90°-\varphi_H) + \text{sen}(90° - \varphi_{Ma}) \text{ sen}(90° - \varphi_H) \cos \Delta\lambda$

da cui:

$\cos d_H = \text{sen } \varphi_{Ma} \text{ sen } \varphi_H + \cos \varphi_{Ma} \cos \varphi_H \cos \Delta\lambda$

sostituendo si ha:

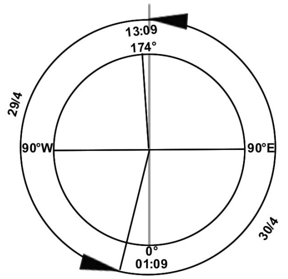
$\cos d_H = \text{sen } 59{,}566 \text{ sen } 66{,}6 + \cos 59{,}566 \cos 66{,}6 \cos 35 = 0{,}956$

$d_H = \cos^{-1}(0{,}956) = 17° = (17 \times 60) \text{ NM} = 1023{,}5 \text{ NM}$

5) Calcolo tempo di volo del velivolo A per raggiungere il punto H:

$FT_H = d_H/GS_A = 1023{,}5/475 = 21{,}154 \text{ h} = 2 \text{ h } 9 \text{ min}$

6) Calcolo orario locale (ZT) in cui il velivolo A giunge in H (fig. 4):



Posto:

$\lambda^h_H = (-174/15)\text{h} = -11{,}64 \text{ h} = -12 \text{ h}$ = fuso orario del punto H

$$\begin{array}{rrl}
UTC_{Ma} = & 23:00 & = \text{UTC di Magadan del giorno 29/4} \\
+FT_A = & 02:09 & \\
\hline
UTC_H = & 25:09 & \\
= & 01:09 & = \text{UTC di H del 30/4} \\
+\lambda^h_H = & -12:00 & (-) \\
\hline
ZT_H = & 13:09 & = \text{ora locale di H del 29/4}
\end{array}$$

7) Calcolo della distanza ortodromica tra le Aleutine ed il punto H:

Poiché il volo avviene lungo un meridiano, ove, ogni primo di latitudine equivale ad 1 NM, si ha:

$$\begin{array}{rl}
\varphi_H = 66°36'N & + \\
-\varphi_{Al} = 61°13'N & + -(-) \\
\hline
\Delta\varphi = 05°23'N & = 323'
\end{array}$$

quindi sarà anche:

$D_{Al\text{-}H} = 323 \text{ NM}$

8) Calcolo tempo di volo del velivolo B tra le Aleutine ed il punto H:

Poichè l'aereo B viaggia lungo un meridiano, si trova sempre nello stesso fuso orario e quindi possiamo porre:

$$\begin{array}{rl}
ZTH = 13:09 & = \text{ora locale di decollo di B} \\
ZT_{Al} = 11:30 & = \text{ora locale di arrivo in H} \\
\hline
FT = 01:39 & = 1{,}65 \text{ h}
\end{array}$$

9) Calcolo velocità al suolo del velivolo B:

$GS_B = D_{Al-H} / FT = 323/ 1,65 = 195,7$ Kts

N.B. Qualora il velivolo B non avesse mantenuto la rotta Nord (TC =360°), avremmo dovuto calcolare il FT utilizzando gli orari UTC, ed in particolare avremmo dovuto seguire la seguente procedura:

$$\begin{array}{rl} UTC_{Ma} = 23:00 & = \text{orario GMT del 29/4 di decollo da Macadan} \\ + FT = 02:09 & = \text{tempo di volo fino al punto H} \\ \hline UTC_H = 01:09 & = \text{orario GMT del 30/4 di arrivo in H} \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} ZT_{Al} = 11:30 & = \text{ ora locale di decollo di B dalle Aleutine} \\ -\lambda^h_{Al} = 12:00 & + \\ \hline UTC_{Al} = 23:30 & = \text{ orario GMT del 29/4 di decollo di B dalle Aleutine} \end{array}$$

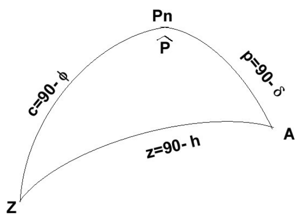
$$\begin{array}{rl} UTC_H = 01:09 & \text{del 30/4} \\ -UTC_{Al} = 23:30 & \text{del 29/4} \\ \hline FT = 01:39 & \end{array}$$

Quesito C

Un aeromobile, alle UT 00:30 del 2 giugno 2005 si trova in A (Lat. 41° 00' N, Long 004° 00' E) diretto per B (Lat. 37° 00' N, Long. 023° 00- E) da cui deve iniziare una procedura di avvicinamento a vista per atterrare all'aeroporto di Atene.
Il candidato calcoli la GS media che l'aereo deve mantenere lungo il tratto di ortodromia AB in modo da poter arrivare in B 30 minuti prima del sorgere vero del Sole (declinazione del Sole 23° N, equazione del tempo medio uguale a -4 minuti).

1) Calcolo dell'angolo orario τ del sorgere del Sole:

Applicando il teorema di Eulero al triangolo astronomico Pn-Z-A (Fig. 1) ove:



Pn = PoloNord
Z = Zenit
A = Astro
$\hat{P}$ = angolo al Polo

si ha:
sen h = sen φ senδ + cos φ cos δ cosP
Poichè il Sole sorge ad Est, e per Astro ad Est si ha che l'angolo al Polo
P = 360° - τ
essendo inoltre:
cos (360 – τ) = cos τ
possiamo scrivere:
sen h = sen φ senδ + cos φ cosδ cos τ

ma al sorgere del Sole, sarà:

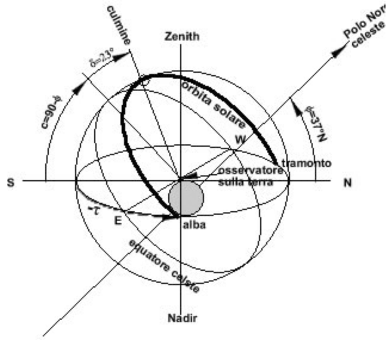
$h = 0$

quindi, sostituendo avremo:

$0 = \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen}\delta + \cos \varphi \cos\delta \cos \tau$

da cui:

$$\cos\tau = -\frac{\operatorname{sen}\varphi \operatorname{sen}\delta}{\cos\varphi \cos\delta} = -\tan\varphi \tan\delta$$



trasformando l'angolo orario da gradi in ore, avremo:

$$\tau = \pm\frac{\arccos(-\tan\varphi \tan\delta)}{15}$$

Ove il segno – vale per il sorgere ed il segno + per il tramonto.
Sostituendo abbiamo,per il sorgere (Fig. 2):

$$\tau = \pm\frac{\arccos(-\tan 37 \tan 23)}{15} = \frac{108{,}65}{15} = 7{,}24\,h = 07:14:24$$

2) Calcolo dell'orario del sorgere del Sole:

A) Poiché il tempo civile medio in cui il Sole è al culmine, è dato da:

$Tc = 12\ h - \lambda^{hms} + \Delta T$

ove:

λ^{hms} = valore della longitudine espresso in differenza in ore, minuti e secondi dal meridiano di Greenwich;

$\Delta T = \lambda^{h} + O.L.$ = differenza di fuso orario da Greenwich più eventuale aggiunta di un ora, se vige l'ora legale;

quindi avremo:

λ^{hms} = (23°/15) h = + 1,533 h = + 01:31:59

λ^{h} = + 2

O.L. = +1 (siamo in estate)

e, sostituendo, ricaviamo il tempo civile al culmine:

Tc = 12 – 1,533 + 3 = 13,467 h = 13:28:00

B) Per il calcolo del tempo civile vero, dovremo tener conto dell'equazione del tempo:

Tempo solare vero= tempo solare medio + Et

Tcv = Tc + Et = 13:28:00 + (- 00:04:00) = 13:24:00

C) Calcolo del Tempo civile vero del Sorgere del Sole (Sun Rise):

SR = Tcv – τ = 13:24:00 – 07:14:24 = 06:09:36

3) Calcolo dell'orario UTC di arrivo del velivolo in B:

Poiché il velivolo deve giungere in B 30' prima del sorgere del sole, significa che dovrà arrivare in B quando l'orario locale sarà:

LMT_B= SR – 30' = 06:09:36 – 00:30:00 = 05:39:36

quindi l'orario UTC sarà dato da:

$$\begin{array}{r} LMT_B = \ 05:39:36 \\ -\lambda^{hms} = +01:31:59\ (-) \\ \hline UTC_B = \ 04:07:37 \end{array}$$

4) Calcolo del tempo di volo da A per giungere in orario in B:

$$\begin{array}{r} UTC_B = 04:07:37 \\ -UTC_A = 00:30:00 \\ \hline FT = 03:37:37 \end{array} = 3{,}62694h$$

5) Calcolo della distanza ortodromica tra A e B:

cos do = sen φ sen φ' + cos φ cos φ' cos Δλ

ove:

$$\begin{array}{r} \lambda' = 23°\,E \\ -\lambda = 04°\,E \\ \hline \Delta\lambda = 19°\,E \end{array}$$

sostituendo sarà:

cos do = sen 41 sen 37 + cos 41cos 37 cos 19 = 0,9647

do = sen^{-1}(0,9647) = 15,269° = (15,269 ×60) NM =916,14 NM

6) Calcolo della Velocità al suolo da mantenere:

GS = do / FT = 916,14/3,62694 = 252,6 Kts

Quesito D

Il candidato tracci la lossodromia compresa tra Helsinki (Lat. 60° 10' N, Long-025° 00' E) e Terra del Nord (Lat. 79° 50' N, Long. 099° 54' E) su una carta stereografica polare ricavando le intersezioni della curva con i meridiani 40°, 60°, 80° E, assumendo il raggio della sfera terrestre rappresentativa uguale a 160 mm.

Il candidato definisca, inoltre, il tipo di curva ottenuto tenendo presente la proprietà fondamentale della lossodromia.

1) Calcolo della rotta lossodromica tra Helsinki e Terra del Nord:

$$\begin{array}{rl} \lambda_T = 99°54'E & + \\ -\lambda_H = \ 25°00E & +-(-) \\ \hline \Delta\lambda = 74°54'E & = 4494' \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} \varphi_T = 79°50'N & + \\ -\varphi_H = 60°10'N & +-(-) \\ \hline \Delta\varphi = 19°40'N & = 1180' \end{array}$$

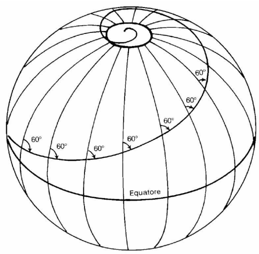
$$\begin{array}{r}
\varphi_H = 79°50' N \\
+\Delta\varphi/2 = 09°50' N \\
\hline
\varphi_m = 70°00' N
\end{array}$$

tan TC = $(\Delta\lambda'/\Delta\varphi')\cos\varphi_m$ = 4494/1180 cos 70 = 1,3
TC = $\tan^{-1}(1{,}3)$ = 52,48° = N 52° E

2) Esecuzione della carta stereografica polare:

A) Tracciamento dei paralleli:

Poiché i raggi delle circonferenze rappresentative dei paralleli di una carta stereografica polare sono dati da:
$\rho = 2 \times r \times \tan(45-\varphi/2)$
i raggi delle circonferenze rappresentative dei paralleli 40°N,60°N e 80°N saranno:
per φ = 40°N
$\rho_{40} = 2 \times 160 \times \tan(45 - 40/2) = 320 \tan 25 = 149{,}2$ cm
per φ = 60°N
$\rho_{60} = 2 \times 160 \times \tan(45 - 60/2) = 320 \tan 15 = 85{,}7$ cm
per φ = 80°N
$\rho_{80} = 2 \times 160 \times \tan(45 - 80/2) = 320 \tan 5 = 27{,}99$ cm

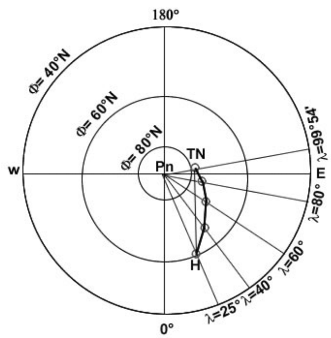


B) Tracciamento dei meridiani:

Facciamo uscire dal centro delle circonferenze (Polo Nord) i meridiani di Helsinki (λ_H = 25°E), della terra del Nord (λ_T = 99°54'E) ed i meridiani λ_1 = 40°E, λ_2 = 60°E e λ_3 = 80°E;

C) Tracciamento rotta Ortodromica (Fig.1):

Dopo aver posizionato sulla carta le due città di Helsinki e della Terra del Nord le uniamo con una semiretta ottenendo la rotta ortodromica fra di esse.



D) Tracciamento rotta Lossodromica (Fig. 1):

Per tracciare una lossodromia su una carta stereografica polare dovremmo disegnare un arco di spirale asintetica tra le due città e ricavare poi graficamente i punti di intersezione con i meridiani interessati.
Poiché tale risoluzione grafica potrebbe essere piuttosto imprecisa (con i mezzi a disposizione), dovremo ricorrere alla soluzione analitica, trovando le latitudini dei punti di intersezione tra la lossodromia ed i meridiani interessati, e poi unire tali punti creando una spezzata lossodromica (Fig. 2)

Utilizzeremo, allo scopo, la relazione:

$$\Delta\varphi_c = \frac{\Delta\lambda'}{\tan TC}$$

ove:

$\Delta\varphi_c$ = differenza di latitudine crescente tra il punto di partenza ed il punto di intersezione distante $\Delta\lambda$

- Tratto da λ_H = 25°E a λ_1 = 40°E:

Calcolo differenza di latitudine crescente:

$$\Delta\varphi_{cH1} = \frac{\Delta\lambda'}{\tan TC} = \frac{(15° \times 60)'}{\tan 52{,}48} = 691'$$

Calcolo latitudine crescente di Helsinki:

φ_{cH} = 7915,7 log tan(45 + φ/2) =
= 7915,7 log tan(45 + 60,16/2) = 4546,6’

Calcolo latitudine crescente del primo punto a λ_1 = 40°E:

$\varphi_{c1} = \varphi_{cH} + \Delta\varphi_{cH1}$ = 4546,6 + 691 = 5237,6’

di conseguenza sarà anche:

φ_{c1} = 5237,6’ = 7915,7 log tan(45 + φ_1/2)

quindi, estrapolando φ_1, si ha:

log tan(45 + φ_1/2) = 5237,6/7915,7 = 0,6616
tan(45 + φ_1/2) = $\log^{-1}$(0,6616) = 4,5877
(45 + φ_1/2) = $\tan^{-1}$(4,5877) = 77,7
φ_1 = 2(77,7 – 45) = 65,4° = 65° 24’ N

- Tratto da λ_1 = 40°E a λ_2 = 60°E:

Calcolo differenza di latitudine crescente:

$$\Delta\varphi_{c12} = \frac{\Delta\lambda'}{\tan TC} = \frac{(20° \times 60)'}{\tan 52{,}48} = 921{,}45'$$

Calcolo latitudine crescente del punto 1:

φ_{c1} = 7915,7 log tan(45 + 65,4/2) = 5236,02’

Calcolo latitudine crescente del punto a λ_2 = 60°E:

$\varphi_{c2} = \varphi_{cH} + \Delta\varphi_{c12}$ = 5236,02 + 921,45 = 6157,47’

di conseguenza sarà anche:

φ_{c2} = 6157,47’ = 7915,7 log tan(45 + φ_2/2)

quindi:

log tan(45 + φ_2/2) = 6157,47/7915,7 = 0,7778
tan(45 + φ_2/2) = $\log^{-1}$(0,7778) = 5,996
(45 + φ_2/2) = $\tan^{-1}$(5,996) = 80,53
φ_2 = 2(80,53 – 45) = 71,06° = 71°36’ N

- Tratto da λ_2 = 60°E a λ_3 = 80°E:

Calcolo differenza di latitudine crescente:

$\Delta\varphi_{c23} = \Delta\varphi_{c12}$ = 921,45’

Calcolo latitudine crescente del punto 2:

φ_{c2} = 7915,7 log tan(45 + 71,06/2) = 6156,77’

Calcolo latitudine crescente del punto a λ_3 = 80°E:

$\varphi_{c3} = \varphi_{c2} + \Delta\varphi_{c23}$ = 6156,77 + 921,45 = 7078,22’

di conseguenza sarà anche:

φ_{c3} = 7078,22’ = 7915,7 log tan(45 + φ_3/2)

quindi:

log tan(45 + φ_3/2) = 7078,22/7915,7 = 0,8942

tan(45 + φ_3/2) = $\log^{-1}$(0,8942) = 7,8379

(45 + φ_2/2) = $\tan^{-1}$(7,8379) = 82,73

φ_3 = 2(82,73 – 45) = 75,45° = 75°27’ N

E) <u>Calcolo dei raggi dei paralleli rappresentativi delle latitudini</u>:

φ_1 = 65° 24’ N, φ_2 = 71°36’ N e φ_3 = 75°27’ N

Poiché il rggio della circonferenza rappresentativa è dato da:

$\rho = 2 \times r \times \tan(45-\varphi/2) = 320 \times \tan(45-\varphi/2)$

sarà:

$\rho_1 = 320 \times \tan(45-65,4/2)$ = 69,77 mm

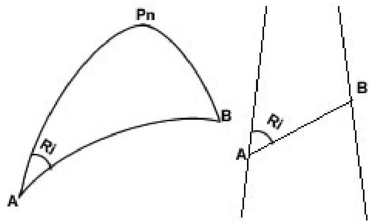
$\rho_2 = 320 \times \tan(45-71,06/2)$ = 53,37 mm

$\rho_1 = 320 \times \tan(45-75,45/2)$ = 40,85 mm

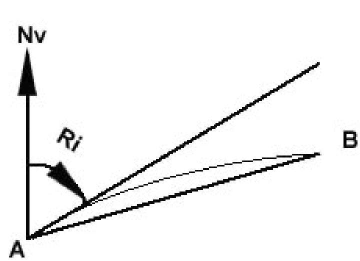
Quesito E

Il candidato calcoli l'angolo tra la rotta lossodromica e la rotta ortodromica relative ai punti A (Lat.40° N, Long. 030° E) e B (Lat. 50° N, Long. 060° E).

Calcoli, ancora, lo stesso angolo servendosi della formula della correzione di Givry ed illustri l’utilità di tale correzione.



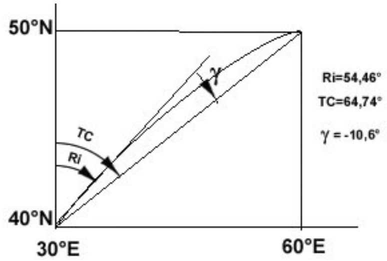
Poiché l'arco di ortodromia è un arco di circonferenza massima, quando il tracciamento viene effettuato su una carta di Lambert è sufficiente far uscire dal punto A di partenza una semiretta che forma l'angolo Ri col meridiano e questa può essere considerata, con grande approssimazione, l'ortodromia che passa per i punti A e B (fig.1)



Se il tracciamento della rotta viene effettuato sulla carta di Mercatore, l'arco di circonferenza massima è rappresentato da una curva che rivolge la sua concavità verso l'equatore mentre la lossodromia è la sua corda.

Ne consegue che, per l'isogonismo della carta, se si traccia da A la semiretta che forma l'angolo Ri col meridiano, essa risulterà tangente all'ortodromia e non passerà per il punto B (fig. 2).

L'angolo che esprime la differenza tra la Rotta Ortodromica e Rotta lossodromica, si indica con γ ed è noto con il nome di correzione di Givry (fig.3)



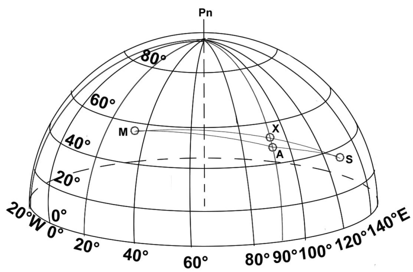
SESSIONE 2005 – 2006

Quesito A

Un aereo intende effettuare un volo tra Seoul (Lat. 37° 32'.0 N, Long. 126° 56' 0 E) e Moskow (Lat. 55° 45'.0 N, Long. 037° 35'.0 E) seguendo l'ortodromia che unisce i due punti. Il candidato calcoli il tempo di volo nell'ipotesi in cui, in assenza di vento, si mantenga una velocità media di 475 kt.
Dall'analisi della carta dei venti in quota, il pilota deduce che, seguendo due tratte ortodromiche distinte: la prima tra Seoul e un punto A (scelto 300 NM a sud dell'intersezione dell'ortodromia con il meridiano 090° E) e la seconda tra il punto A e Moskow, l'aereo si potrebbe avvantaggiare di una tail-wind media di 30 kt.
Il candidato calcoli l'eventuale risparmio di tempo che si conseguirebbe seguendo la doppia tratta ortodromica.

1) Calcolo distanza ortodromica tra Seoul e Moskow:

$$\begin{array}{rll} \lambda_M = & 037°35'E & + \\ -\lambda_S = & 126°56'E & +-(-) \\ \hline \Delta\lambda = & 089°21'W & = 89{,}35° \end{array}$$



$\varphi \quad = \varphi_S \; = \; 37°\,32'\text{ N} = 37{,}53°\text{ N}$
$\varphi' \quad = \varphi_M \; = \; 55°\,45'\text{ N} = 55{,}75°\text{ N}$

$\cos d_{SM} = \text{sen}\,\varphi\ \text{sen}\,\varphi' + \cos\varphi\ \cos\varphi'\ \cos\Delta\lambda$
$\qquad\quad = \text{sen}\,37{,}53\ \text{sen}\,55{,}75 + \cos 37{,}53\ \cos 55{,}75\ \cos 89{,}35 = 0{,}508$
$d_{SM} \qquad = \cos^{-1}(0{,}508) = 59{,}429° = 3565{,}75\text{ NM}$

2) Calcolo tempo di volo della tratta diretta:

$FT_{SM} = d_{SM} / GS_m = 3565{,}75/475 = 7{,}5068\text{ h} = 7\text{ h } 30\text{ min}$

3) Calcolo rotta iniziale della tratta diretta

$$\tan Ri = \frac{\text{sen }\Delta\lambda}{\tan\varphi'\ \cos\varphi - \text{sen}\,\varphi\cos\Delta\lambda} =$$

$$= \frac{\text{sen}\,89{,}35}{\tan 55{,}75\ \cos 37{,}53 - \text{sen}\,37{,}53\ \cos 89{,}35} = 0{,}8636$$

$Ri = \tan^{-1}(0{,}8636) = 40{,}81 = = \text{N } 41°\,\text{W}°$

4) Calcolo latitudine del punto di intersezione dell'ortodromia diretta con il meridiano λ = 90°E:

$$\begin{array}{rll} \lambda_X = & 090°00'E & + \\ -\lambda_S = & 126°56'E & +-(-) \\ \hline \Delta\lambda_{SX} = & 036°561'W & = 36{,}933°W \end{array}$$

$$\tan\varphi_X = \tan\varphi_S \cos\Delta\lambda_X + \frac{\operatorname{sen}\Delta\lambda_{SX}}{\cos\varphi_S \tan Ri} =$$

$$= \tan 37{,}53 \cos 36{,}933 + \frac{\operatorname{sen} 36{,}933}{\cos 37{,}53 \tan 40{,}81} = 1{,}4915$$

$\varphi_x = \tan^{-1}(1{,}4915)$ = 56,159° N = 56° 10' N

5) Calcolo latitudine del punto A:

Poiché lungo un meridiano 1 NM = 1' abbiamo che:
300 NM verso Sud = (300'/60)° = 5° S = $\Delta\varphi_{AX}$
Quindi la latitudine di A sarà:

$$\begin{array}{rll} \varphi_X = & 056°10'N & + \\ +\Delta\varphi_{AX} = & 005°00'S & -+(-) \\ \hline \varphi_A = & 051°10'N & \end{array}$$

6) Calcolo distanza ortodromica tra Seoul ed il punto A:

Poichè i punti A ed X giacciono sullo stesso meridiano, sarà:
$\Delta\lambda_{AS} = \Delta\lambda_{SX}$ = 36,933° W
alle latitudini:
φ_S = 37,53° N
φ_A = 51,16° N
ricaviamo che:
$\cos d_{SA} = \operatorname{sen}\varphi_S \operatorname{sen}\varphi_A + \cos\varphi_S \cos\varphi_A \cos\Delta\lambda_{SA} =$
$= \operatorname{sen} 37{,}53 \operatorname{sen} 51{,}16 + \cos 37{,}53 \cos 51{,}16 \cos 36{,}933 = 0{,}872$
$d_{SA} = \cos^{-1}(0{,}872)$ = 29,303° = 1758,213 NM

7) Calcolo distanza ortodromica tra il punto A e Moskow:

$$\begin{array}{rll} \lambda_M = & 037°35'\ E & + \\ -\lambda_A = & 090°00'\ E & +-(-) \\ \hline \Delta\lambda_{AM} = & 052°25'W & = 52{,}41°W \end{array}$$

φ_M = 55,75° N
φ_A = 51,16° N

ricaviamo che:
$\cos d_{AM} = \operatorname{sen}\varphi_A \operatorname{sen}\varphi_M + \cos\varphi_A \cos\varphi_M \cos\Delta\lambda_{AM} =$
$= \operatorname{sen} 51{,}16 \operatorname{sen} 55{,}75 + \cos 51{,}16 \cos 55{,}75 \cos 52{,}41 = 0{,}85914$

$d_{AM} = \cos^{-1}(0{,}85914) = 30{,}779° = 1846{,}78$ NM

8) Calcolo tempo totale delle due tratte:

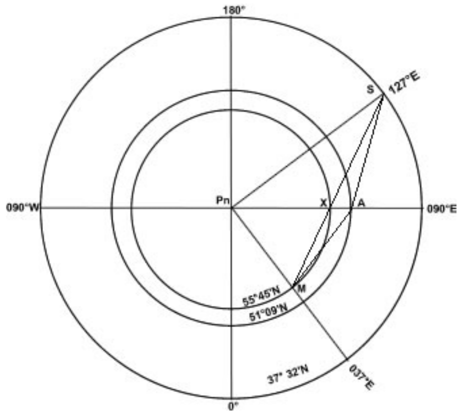
$d_{tot} = 1758{,}213 + 1846{,}78 = 3605$ NM
GSm = 475 + 30 = 505 Kts
$FT_{tot} = d_{tot} / GSm = 3605/505 = 7{,}1386$ h = 7 h 8 min

9) Calcolo risparmio di tempo:

$\Delta T = 7{,}5068 – 7{,}1386 = 0{,}3682$ = 22 m 5 s

Quesito B

Il candidato ricavi le relazioni di corrispondenza di una carta gnomonica polare illustrandone le proprietà ed evidenziandone gli inconvenienti.
Con riferimento al quesito precedente, rappresenti su un tale tipo di carta l'ortodromia Seoul-Moskow e le due tratte ortodromiche scelte dal pilota (si assegni al raggio della sfera terrestre rappresentativa il valore 80 mm).



1) La carta gnomica polare non essendo isogona non è utilizzabile ai fini della Navigazione Aerea ma può risultare utile al fine di rappresentare le orodromie in quanto si presentano come delle rette. Inoltre la spaziatura tra i paralleli cresce rapidamente e le deformazioni risultano trascurabili solo vicino al polo

2) Esecuzione della carta (Fig. 1):

A) *Tracciamento dei paralleli:*

Tracciamo dei cerchi concentrici i cui raggi saranno dati da:
$\rho = r \cot\varphi = r/\tan\varphi$
ed essendo, nel nostro caso:
r = 80 mm
avremo:
per $\varphi_S = 37{,}53°N \rightarrow \rho_S = 80/\tan 37{,}53 = 104{,}145$ mm = 10,41 cm
per $\varphi_M = 55{,}75°N \rightarrow \rho_M = 80/\tan 55{,}75 = 54{,}47$ mm = 5,45 cm
per $\varphi_A = 51{,}16°N \rightarrow \rho_A = 80/\tan 51{,}16 = 64{,}41$ mm = 6,44 cm

B) *Tracciamento meridiani:*

Facciamo uscire dal polo delle semirette orientate secondo:
$\lambda_S = 127°$ E
$\lambda_M = 037°$ E
$\lambda_A = 090°$ E

C) *Tracciamento rotte*

Posizioniamo il Punto A, Seoul e Moskow e tracciamo le rotte ortodromiche unendo tra loro i rispettivi punti con delle semirette.

Quesito C

Una portaerei alle 09.00 si trova nel punto di coordinate (Lat. 40° 30'.0 N, Long. 13° 30'.0 E) e naviga con rotta vera 220° e velocità 30 kt.
Alle 09.20 un aeromobile decolla dalla pista 24 di Napoli-Capodichino (Lat. 40° 53'.0 N, Long. 14°17'.0 E, Alt. 300 ft) e inizia la salita con rateo costante e TC 222° fino ad intercettare e seguire RDL/QDR 338 del VOR di Sorrento (Lat. 40° 35'.0 N, Long. 14° 20'.0 E) che sorvola avendo raggiunto il FL155 (VAR = 1° E, VS = 1500 ft/mm, QNH = 990 hPa, ISA + 7.2°C).
Dall'istante del sorvolo del radiofaro l'aereo precede con tale FL per un volo di ricognizione con TC 180°, CAS 300 kt avendo un'autonomia residua di 2 ore. Il candidato calcoli il raggio d'azione dovendo l'aereo atterrare sulla portaerei.

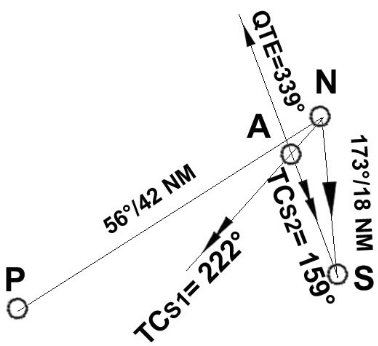
1) Posizionamento della Portaerei e del VOR di Sorrento sulla carta (Fig. 1):

A) Calcolo distanza e orientamento della congiungente Napoli - Portaerei*:*

$$\begin{array}{rll} \lambda_N & = 14°17'E & + \\ -\lambda_P & = 13°30'E & +-(-) \\ \hline \Delta\lambda_{PN} & = 00°47'E & = 47' \end{array}$$

$$\begin{array}{rll} \varphi_N & = 40°53'N & + \\ -\varphi_P & = 40°30'N & +-(-) \\ \hline \Delta\varphi_{PN} & = 00°23'N & = 23' \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} \varphi_P = & 40°30'N \\ +\Delta\varphi/2 = & 00°11{,}5'N \\ \hline \varphi_m = & 40°41{,}5'N = 40{,}691° \end{array}$$



tan TC = $(\Delta\lambda'/\Delta\varphi') \cos \varphi_m$ = 47/23 cos 40,691 = 1,549
$TC_{PN} = \tan^{-1}(1{,}549)$ = 57,15° = N 57° E
D = $\Delta\varphi_{PN}'$/ cos TC = 23/ cos 57,15 = 42,4 NM

B) Calcolo distanza e orientamento della congiungente Napoli-Sorrento;

$$\begin{array}{rll} \lambda_S & = 14°20'E & + \\ -\lambda_N & = 14°17'E & +-(-) \\ \hline \Delta\lambda_{NS} & = 00°03'E & = 3' \end{array}$$

$$\begin{array}{rll} \varphi_S & = 40°35'N & + \\ -\varphi_N & = 40°53'N & +-(-) \\ \hline \Delta\varphi_{NS} & = 00°18'N & = 18' \end{array}$$

$$\begin{array}{r}\varphi_N = 40°53'N \\ +\Delta\varphi/2 = 00°0{,}9'N \\ \hline \varphi_m = 40°44'N\end{array} = 40{,}733°$$

tan TC_{NS} = 3/18 cos 40,733 = 0,126
TC_{NS} = $\tan^{-1}$(0,126) = 07,18° = S 07° E = 180° – 7° = 173°
D_{NS} = 18/ cos 7,18 = 18,14 NM

C) Scelta la posizione P della portaerei, tracciamo da essa una semiretta orientata per 57° rispetto al nord vero e posizioniamo Napoli ad una distanza di 42 NM dalla stessa.

D) Tracciamo da Napoli una semiretta orientata per 173° e su di essa posizioniamo a 18 NM il VOR di Sorrento:

2) Tracciamento del percorso di salita (Fig. 1):

A) *Tracciamo il QTE di Sorrento:*
QTE = QDM + (± VAR) = 338 +(+1) = 339°

B) *Tracciamo da Napoli la TCs = 222° fino ad intersecare il QTE da Sorrento.*

3) Calcolo del tempo di salita:

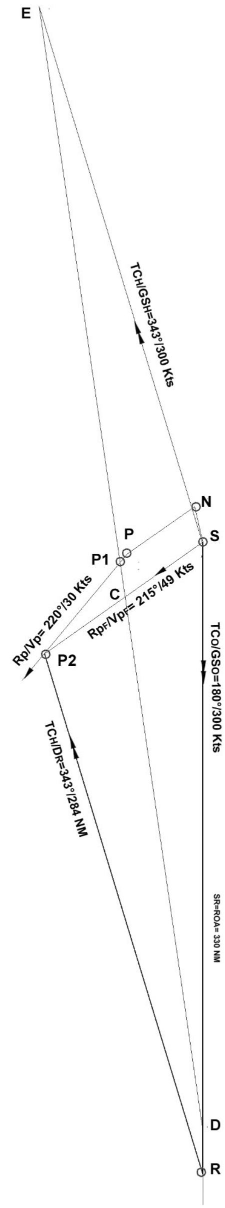
Poiché il tempo di salita è dato da:
FTs = ΔTA/CR
ove:
CR = 1500 ft/m
ΔTA = TA – e
e = elevazione aeroporto = 300 ft
calcoliamo il ΔTA:
TA = PA + C_{QNH} + $C_{\Delta T}$
PA = 15.500 ft
C_{QNH} =(QNH – 1013,25)× 27= (990-1013,25) ×27= - 627,75 ft
$C_{\Delta T}$= (4/1000) PA ×ΔT = (4/1000) 5500 (7,2) = 446,4 ft
ove ΔT è dato dal testo in quanto:
SAT = ISA + 7,2°
Quindi:
TA = 15500 – 627,75 + 446,4 = 15.318,65 ft
ΔTA = 15,318,65 – 300 = 15.018,65 ft
ed infine:
FTs = 15.018,65/1500 = 10,01 min

4) Calcolo posizione della Portaerei a fine salita:
D_{PP1} = V_P FTs = 30 (10,01/60) = 5 NM

5) Calcolo posizione portaerei a fine autonomia T del velivolo:
$D_{P1P2} = V_P\ T = 30 \times 2 = 60$ NM

6) Soluzione grafica del raggio d'azione (Fig.2):

A) Poiché possiamo immaginare che la portaerei raggiunga il punto P_2 partendo da S anziché da P (ROA su base mobile), uniamo S con P_2 e su tale segmento troviamo il punto C raggiunto dalla portaerei fittizia in 1 ora di navigazione:
$SC = SP_2 / T = 98/2 = 49$ NM



B) Poiché siamo in assenza di vento:
TC = TH
GS = CAS
tracciamo da S una semiretta orientata secondo la TC= 180° e, su di essa, stacchiamo il segmento
SD = GSo = 300 Kts
Abbiamo così riportato il vettore relativo all'allontanamento del velivolo:
Tco/GSo= 180°/300 Kts;

C) Dal punto D tracciamo una semiretta che passi per il punto C;

D) Dal punto S, con apertura compasso, pari alla
CAS = GS_H = 300 Kts
intersechiamo, in E, la semiretta tracciata da D, trovando così il vettore relativo al rientro:
TC_H /GS_H = 343°/300 Kts;

E) dal punto P_2 tracciamo una semiretta parallela alla TC_H fino ad intersecare, in R, la TCo. Abbiamo così trovato:
SR = raggio d'azione = ROA = 330 NM
RP_2 = distanza di rientro = 284 NM

Quesito D

Con riferimento al quesito precedente, il candidato rappresenti, su una carta di Mercatore (1' di longitudine uguale a 10 mm), la procedura di partenza seguita dall'aeromobile dal decollo fino al sorvolo del VOR e determini la Ground Speed.

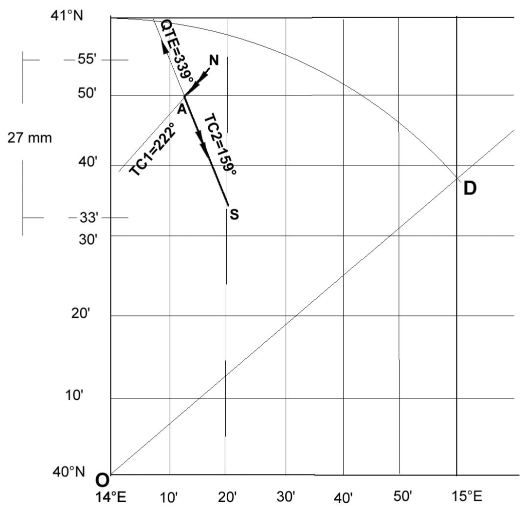
1) Esecuzione della carta di Mercatore:

A) Sull'asse delle ascisse, corrispondente al parallelo $\varphi = 40°N$, distanziamo i paralleli $\lambda = 14°E$ (asse delle ordinate) e $\lambda = 15°E$ di:
$(1' \times 60) = 60' = 1° = 10\ mm \times 60 = 600\ mm = 60\ cm$

B) Volendo disegnare i paralleli φ = 40°N e φ = 41°N, tracciamo una semiretta, uscente dall'origine degli assi, orientata, rispetto all'asse delle ascisse, di

λm = 40,5°

fino ad intersecare, in D, il meridiano λ = 15° E;



C) tracciamo un arco di circonferenza, con centro nell' origine degli assi, e raggio pari al segmento OD, fino ad intersecare l'asse delle ordinate (meridiano λ = 14° E);

D) dal punto di intersezione tracciamo una parallela all'asse dell'ascisse, ottenendo il parallelo:

φ = 41°N;

E) tra i due meridiani λ = 14° E e λ = 15° E disegniamo i meridiani intermedi distanziati di 10' = 100 mm

F) Poiché la distanza tra i paralleli φ = 40°N e φ = 41°N risulta di 80 cm, distanziamo i paralleli intermedi di:

80/6 = 13 cm;

N.B. Poiché, se dovessimo distanziare i paralleli φ = 40°N e φ = 41°N di 60 cm, non sarebbe sufficiente un comune foglio di carta formato A4, riporteremo tutte le distanze diviso 10, quindi sarà:

Δλ = 6 cm; Δφ = 1,3 cm;

2) Posizioniamo sulla carta il punto N dato dalle coordinate di Napoli ed il punto S, dato da quelle del VOR di Sorrento:

3) Tracciamo da S il QTE = 339° e da N la TC = 22°:

4) Le due semirette si intersecheranno in A;

N.B. In effetti, bisognerebbe trasformare il rilevamento ortodromico del QTE in un rilevamento lossodromico tramite la correzione di Givry:

$\gamma = \frac{1}{2} \Delta\lambda \, sen\varphi_m$

Poiché la differenza di longitudine è di solo pochi primi di grado, possiamo considerare assolutamente trascurabile tale correzione.

5) Sommiamo le distanze sulla carta tra NA e AS:

NA + AS = 7 + 20 = 27 mm;

6) Calcoliamo, lateralmente, sul meridiano $\lambda = 14°$ E, a quanti primi corrisponde la distanza di 27 mm, e troviamo:
27 mm = 22'
sarà anche:
27 mm = 22 NM;

7) Calcoliamo la GS:
Poichè abbiamo trovato che la:
Ds = 22 NM
ed il tempo di salita, calcolato nel precedente esercizio, era di:
FTs = 10,01 min
sarà:
GS = Ds/FTs = 22/(10,01/60) = 131,86 Kts

Quesito E

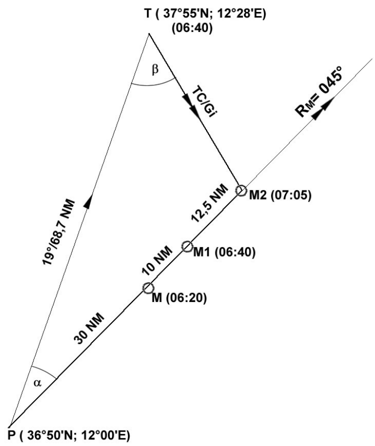
Un elicottero della Guardia di Finanza è impegnato nella ricerca di un motoscafo, segnalato alle ZT 07.20 a 30 NM a nord-est di Pantelleria (Lat. 36° 50'.0 N, Long. 12° 00'.0 E) in navigazione con rotta vera 45° e velocità 30 kt.
Per l'elicottero alzatosi in volo dall'aeroporto di Trapani-Birgi (Lat. 37° 55'.0 N, Long. 12° 28'.0 E) alle UT 06 40, il candidato determini la velocità che dovrebbe mantenere il pilota per intercettare il motoscafo in 25 minuti esatti.
Calcoli, inoltre. le coordinate del punto di intercettazione.

1) Calcolo posizione di Trapani rispetto a Pantelleria:

$$\begin{array}{rl} \lambda_T &= 12°28'E \quad + \\ -\lambda_P &= 12°00'E \quad + \text{-(-)} \\ \hline \Delta\lambda_{TP} &= 00°28'E \quad = 28' \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} \varphi_T &= 37°55'N \quad + \\ -\varphi_P &= 36°50'N \quad + \text{-(-)} \\ \hline \Delta\varphi_{TP} &= 01°05'N \quad = 65' \end{array}$$

$$\begin{array}{rl} \varphi_P &= 36°50'N \\ +\Delta\varphi/2 &= 00°32{,}5'N \\ \hline \varphi_m &= 37°22{,}5'N \quad = 37{,}375° \end{array}$$



tan TC =($\Delta\lambda'/\Delta\varphi'$) cos φ_m = 28/65 cos 37,375 = 0,3423
$TC_{TP} = \tan^{-1}(0{,}3423)$ = 18,89° = N 19° E
$D_{TP} = \Delta\varphi_{TP}'$/ cos TC = 65/ cos 18,89 = 68,7 NM

2) Calcolo orario UTC di avvistamento del motoscafo:

λ^h_M = (12°/15) h = 8,8 h = 1 h = fuso orario del luogo

$$\begin{array}{r} ZT_M = 07:20 \\ -\lambda_M^h = 01:00 \\ \hline UTC = 06:20 \end{array}$$

3) Calcolo posizione del motoscafo alle UTC = 06:40

ΔT = 06:40 -06:20 = 00:20
D_{MM1} = $V_M \times \Delta T$ = 30 × (20/60) =10 NM

4) Calcolo posizione del motoscafo dopo ulteriori 25 min (UTC = 07:25):

D_{M1M2} = V_M × (25/60) = 30 × (25/60) =12,5 NM

5) Calcolo GSi:

Applichiamo il teorema di Carnot al triangolo TPM_2, utilizzando lati:
PM_2 =30 + D_{MM1} + D_{M1M2} = 30 + 10 + 12,5 = 52,5 NM
D_{TP} = 68,7 NM
e l'angolo compreso:
α = 45° - 18,89 ° = 26,11°
ricavando:

$$TM_2 = \sqrt{52{,}5^2 + 68{,}7^2 - 52{,}5 \times 68{,}7 \times \cos 26{,}11} = 31{,}6 \text{ NM}$$

6) Calcolo coordinate del punto M_2:
ricorrendo alla formule della Lossodromia, abbiamo:

$\Delta\varphi'_{PM2}$ = D cos TC = 52,5 cos 45 = 37,123' N

$$\begin{array}{r} \varphi_P = \quad 36°50'N \\ +\Delta\varphi/2 = 00°18{,}56'N \\ \hline \varphi_m = 37°08{,}56'N \end{array} = 37{,}142°$$

$\Delta\lambda'_{PM2}$ = D sen TC/ cos φ_m= 52,5 sen 45 / cos 37,142 = 46,57' E

$$\begin{array}{r} \varphi_P = \quad 36°50'N \\ +\Delta\varphi_{PM2} = 00°37{,}123'N \\ \hline \varphi_{M2} = 37°27{,}123'N \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \lambda_P = \quad 12°00'E \\ +\Delta\lambda_{PM2} = 00°46{,}57'E \\ \hline \lambda_{M2} = 37°46{,}57'E \end{array}$$